DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Elfter Jahrgang. 21. Dezember 1923. Heft 51.

Über die Bedeutung von Ionen für den Chemismus der Muskelkontraktion und den Ablauf fermentativer Reaktionen.

Von Gustav Embden, Frankfurt a. M.

Bei der Muskelkontraktion treten charakteristische *chemische* und *kolloidchemische* Veränderungen auf.

Die am frühesten aufgefundene *chemische* Veränderung besteht in einem Freiwerden von Säure, und zwar, wie erst seit *Fletcher* und *Hopkins* als sichere Tatsache bekannt ist (1)[1]), von Milchsäure und, wie weiterhin von meinen Mitarbeitern *Schmitz, Meincke, Lawaczeck* und mir (2 und 3) festgestellt wurde, von Phosphorsäure. Beide Säuren entstehen durch fermentative Spaltung ein und derselben Substanz, die von mir als *Lactacidogen* bezeichnet wurde und die höchstwahrscheinlich mit der bei der Hefegärung auftretenden Hexosediphosphorsäure identisch ist (4).

Die *kolloidchemische* Veränderung äußert sich in einer Permeabilitätssteigerung von offenbar mit dem Sarkoplasma identischen Muskelfasergrenzschichten (5 und 6).

Tritt Ermüdung des Muskels ein, so kann dies *chemisch*, das heißt durch Verlust an Lactacidogen, bedingt oder doch mitbedingt sein. Dies ist der Fall bei der weißen Muskulatur des Kaninchens, während isolierte Froschmuskeln auch nach lange fortgesetzter, bis zu völliger Erschöpfung führender Reizung keinen den Kontraktionszustand überdauernden Lactacidogenverlust erkennen lassen.

Hingegen zeigen ermüdete Froschmuskeln ein längeres Fortbestehen der *kolloidchemischen Veränderung*, der Permeabilitätssteigerung, die im Kontraktionsaugenblick eintritt (5). Dieses Fortbestehen der Permeabilitätssteigerung ist allem Anschein nach der Ausdruck einer quellungsartigen Alteration der erwähnten Muskelfasergrenzschichten, welche mit einer verminderten Alterations*fähigkeit* dieser Grenzschichten verbunden ist.

Für das Zustandekommen der Kontraktion ist hiernach eine plötzliche, mit Permeabilitätssteigerung verbundene quellungsartige Alteration der Grenzschichten notwendig, die am ermüdeten Muskel eben wegen der verminderten Alterationsfähigkeit dieser Grenzschichten nicht eintreten kann.

Nach den eben entwickelten Vorstellungen, deren experimentelle Begründung in einer Anzahl bereits veröffentlichter Arbeiten niedergelegt wurde, ist zum Zustandekommen einer Muskelkontraktion außer einer plötzlichen Säurebildung eine plötzliche Steigerung der Durchlässigkeit notwendig, und die Permeabilitätssteigerung ist demnach ein notwendiges Glied in der Kette der zur Muskelkontraktion führenden Vorgänge.

Die Untersuchungen, über die jetzt berichtet werden soll, geben, wie ich glaube, einen gewissen Aufschluß darüber, *in welcher Weise* die Permeabilitätssteigerung bei der Muskelkontraktion wirksam wird.

Ich möchte hierbei ausgehen von einer schon im Jahre 1907 veröffentlichten Arbeit von *Carl Schwarz* (7), welcher zeigte, daß ein durch längeren Aufenthalt in der isotonischen Lösung eines Anelektrolyten (Rohrzuckerlösung) gelähmter Muskel durch Zusatz geringer Mengen der Na-Salze verschiedener Säuren wieder leistungsfähig werden kann; und zwar zeigte sich, daß die Wirksamkeit der Anionen der Säuren von ihrer Stellung in der lyotropen Reihe abhängig ist, derart, daß die am stärksten die Quellung begünstigenden Anionen die Muskeltätigkeit am vollständigsten wiederherstellen (Rhodanid, Jodid, Bromid, Nitrat, Chlorid), während die quellungshemmenden Anionen (Sulfat, Tartrat, Citrat) die Erregbarkeit des rohrzuckergelähmten Muskels gar nicht oder nur sehr wenig wiederkehren lassen.

Sicher geht aus diesen Versuchen von *Schwarz* und zum Teil auch schon aus noch älteren von *Overton* hervor, daß zum Zustandekommen der Muskelkontraktion die Anwesenheit einer genügenden Menge geeigneter Elektrolyte notwendig ist.

Wie aber greifen diese Elektrolyte in das Geschehen der Muskelkontraktion ein?

Unsere Versuche, die, wie ich glaube, eine gewisse Klärung dieser Frage bringen, gründen sich auf die kürzlich von meinem Mitarbeiter *Lange* und *mir* (8) gemachte Feststellung, daß ebenso wie *Phosphationen* vom arbeitenden Muskel *abgegeben*, *Chlorionen* von ihm *aufgenommen* werden.

Weitere Versuche, die zunächst am Muskelbrei von *Lehnartz* und *mir* vorgenommen wurden, ergaben, daß Na-Chlorid die Abspaltung von Phosphorsäure aus dem Lactacidogen beschleunigt,

[1]) Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schluß.

und bei der Verfolgung dieses Befundes stellte sich heraus, daß ein fast vollkommener Parallelismus besteht zwischen der Fähigkeit der einzelnen Anionen, die Tätigkeit des rohrzuckergelähmten Muskels wiederherzustellen und der Fähigkeit der gleichen Anionen, die Abspaltung von anorganischer Phosphorsäure aus dem Lactacidogen zu beschleunigen.

So stellt das Jodion die Tätigkeit des Muskels besser wieder her als das Chlorion, und es ruft, in äquivalenten Mengen dem Muskelbrei zugesetzt, eine stärkere Abspaltung von anorganischer Phosphorsäure als das Chlorion hervor. Das Sulfation, das nach *Schwarz* den rohrzuckergelähmten Muskel nur ganz vorübergehend wieder erregbar machen kann, führt meist zu einer geringeren Phosphorsäureabspaltung als reines Wasser, und das beim rohrzuckergelähmten Muskel praktisch unwirksame Citration hindert nicht nur jede Vermehrung der anorganischen Phosphorsäure im Muskelbrei, sondern bewirkt eine oft beträchtliche Verminderung unter Auf-

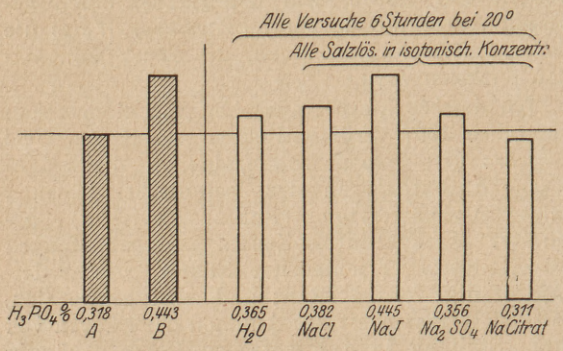

Fig. 1.

Einwirkung verschiedener Anionen auf den Lactacidogenstoffwechsel.

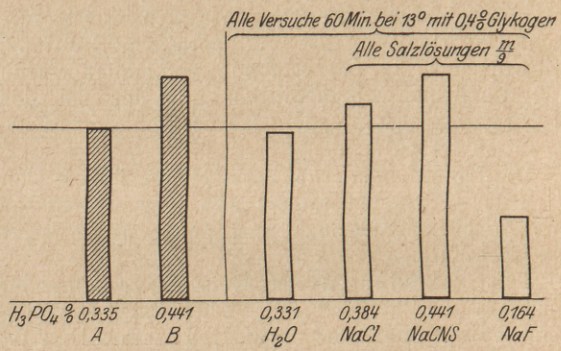

Fig. 2.

Einwirkung verschiedener Anionen auf den Lactacidogenstoffwechsel.

bau entsprechender Mengen Lactacidogen. Noch viel stärker ist in dieser Hinsicht das Fluorion wirksam, dessen Zusatz die Umwandlung fast der gesamten im Muskelbrei vorhandenen Phosphorsäure in Lactacidogen bewirkt.

In den Figuren 1—3 ist das Ergebnis einiger derartiger Versuche graphisch dargestellt. Der jeweilige Phosphorsäuregehalt ist, in Prozenten des Muskelbreis berechnet, am Fuße der einzelnen Säulen angegeben, deren Höhen diesen Phosphorsäuregehalt unmittelbar zum Ausdruck bringen.

Als *A* ist hierbei die schon zu Versuchsbeginn vorhandene Phosphorsäuremenge bezeichnet, als *B* jene Phosphorsäuremenge, welche unter Bedingungen auftritt, die zu vollständiger Spaltung des Lactacidogens führen. Eine stärkere Abspaltung von Phosphorsäure als bei *B* kann also überhaupt nicht eintreten.

Die Versuche *A* und *B* bilden die Grundlage für die Beurteilung der übrigen Versuche, die von ihnen durch eine *vertikale* Linie getrennt sind.

Eine *horizontale* Linie, die in Höhe des im *A*-Versuch ermittelten Wertes angebracht ist, erleichtert die Übersicht: der diese Horizontale überragende Anteil einer Säule entspricht der erfolgten Lactacidogen*spaltung*, die Strecke, um welche eine Säule *unter* der Horizontalen bleibt, dem Umfange der eingetretenen Lactacidogen*synthese*.

In Fig. 1 sehen wir, daß der vor Beginn des Versuches ermittelte *A*-Wert 0,318 % beträgt, der *B*-Wert 0,443 %. Alle übrigen Versuchsgefäße wurden während 6 Stunden bei 20° gehalten. Im Versuch mit Zusatz von *Wasser* stieg der Phosphorsäuregehalt hierbei von 0,318 % auf 0,365 %. Eine dem Froschblut isotonische Natriumchloridlösung bewirkte einen erheblich stärkeren Anstieg (0,382 %), und im Versuch mit isotonischer Natriumjodidlösung (0,445 %) wurde der *B*-Wert erreicht, das heißt die gesamte überhaupt abspaltbare Phosphorsäure wirklich abgespalten.

Hingegen bleibt in isotonischer Natriumsulfatlösung (0,356 %) die Menge der abgespaltenen Phosphorsäure hinter der in Wasser frei gewordenen deutlich zurück, und im Natriumcitratversuch endlich liegt die ermittelte Phosphorsäuremenge gar unter dem *A*-Wert, das heißt es ist überhaupt keine Lactacidogen*spaltung*, sondern eine, freilich geringfügige, Lactacidogen*synthese* eingetreten.

Das die Wiederherstellung des rohrzuckergelähmten Muskels am meisten begünstigende Jodion hat also die stärkste Lactacidogenspaltung hervorgerufen, das Citration, bei dessen Gegenwart nur eine ganz geringfügige und rasch vorübergehende Erholung des Rohrzuckermuskels eintreten kann, dagegen überhaupt keine Spaltung, sondern Synthese von Lactacidogen bewirkt.

Die Einwirkung von Natriumchlorid und Natriumsulfat auf den Lactacidogenstoffwechsel entspricht nach dem oben Gesagten völlig ihrem Verhalten gegenüber dem in Rohrzuckerlösung gelähmten Muskel, d. h. Natriumchlorid stellt die Erregbarkeit dieses Muskels erheblich schlechter als Natriumjodid und weitaus besser als Natriumsulfat wieder her und es begünstigt dement-

sprechend die Lactacidogenspaltung weniger als das erstere und mehr als das letztere Salz.

In Fig. 2 ist ein Versuch wiedergegeben, in dem außer dem *A*- und *B*-Versuch solche mit Wasser, Natriumchlorid, Natriumrhodanid und Natriumfluorid vorgenommen wurden. In Wasser erfolgt in diesem Falle überhaupt keine Lactacidogenspaltung, sie ist in Natriumchloridlösung sehr beträchtlich und in Natriumrhodanid maximal, d. h. der *B*-Wert wird erreicht. Natriumfluoridlösung hingegen führt eine sehr starke Lactacidogensynthese herbei, wobei mehr als die Hälfte der beim Versuchsbeginn vorhandenen Phosphorsäure verschwindet.

Daß Natriumrhodanid dem Natriumchlorid — und übrigens auch dem Natriumjodid — bei der Versuchsanordnung von *C. Schwarz* an Wiederherstellungsvermögen überlegen ist, wurde von diesem Autor selber gezeigt. Daß Natriumfluorid, wie nach der eben besprochenen Einwirkung auf den Lactacidogenstoffwechsel von vornherein zu erwarten war, nur eine schwache und rasch vorübergehende Erholung des Rohrzuckermuskels zuläßt, geht aus noch unveröffentlichten Versuchen von *v. Beznák* hervor.

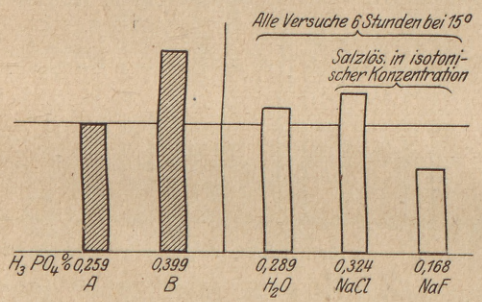

Fig. 3.
Einwirkung verschiedener Anionen auf den Lactacidogenstoffwechsel.

In dem der Fig. 3 zugrunde liegenden Versuch wurden neben den Grundbestimmungen *A* und *B* Einzelversuche mit Wasser, Natriumchloridlösung und Natriumfluoridlösung vorgenommen. Der Versuch bedarf keiner weiteren Erklärung.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse gelangten wir zu der Anschauung, daß der *Chemismus* und der *Physikochemismus* (*Kolloidchemismus*) der Muskelkontraktion auf das engste miteinander verknüpft sind, derart, daß eine im Kontraktionsaugenblick auftretende Permeabilitätssteigerung von Muskelfasergrenzschichten Chlorionen und sicher auch Kationen in die Muskelfaser eintreten läßt; die Chlorionen und vielleicht auch die Kationen bewirken in weiter unten zu erörternder Weise eine Spaltung des Lactacidogens unter Freiwerden von Milchsäure und Phosphorsäure. Diese Säuren rufen ihrerseits eine Vermehrung der bei der Erregung eingeleiteten Permeabilitätssteigerung hervor und gestatten dadurch weiteren Chlorionen den Eintritt, der zu weiterer Lactacidogenspaltung führt. Ursache und Wirkung wechseln also dauernd und der ganze Prozeß kann als autokatalytisch bezeichnet werden.

Ich erwähnte bereits, daß es auch *Kationen* gibt, welche den Lactacidogenstoffwechsel entscheidend beeinflussen, namentlich sei hier die von meinem Mitarbeiter *Lange* gefundene Tatsache erwähnt, daß Ca-Ionen in hohem Grade die Fähigkeit besitzen, auf den Lactacidogenstoffwechsel im Sinne einer Assimilation, das heißt der synthetischen Bildung von Lactacidogen aus Phosphorsäure und Kohlehydrat einzuwirken.

Das geht aus einem in Fig. 4 wiedergegebenen von *Lange* angestellten Versuche hervor.

Die erste Säule gibt hier, wie immer, den sofort ermittelten *A*-Wert wieder, die zweite dagegen *nicht* den *B*-Wert, sondern den Umfang der Lactacidogenspaltung, die in wässriger Glykogenlösung von bestimmter Konzentration erfolgte. In den rechts von der Vertikalen dargestellten Versuchen wurde beim gleichen Glykogenzusatz und auch unter sonst gleichen Versuchsbedingungen die Einwirkung von Calciumchloridlösung in von links nach rechts fallenden Konzentrationen untersucht. Man sieht eine eigenartige Mehrphasigkeit der Calciumwirkung: doppelt-molare und molare Calciumchloridlösung bewirken starke Lactacidogen*synthese*, m/2- und m/4-Lösungen dagegen eher noch etwas stärkere Lactacidogen*spaltung*, als sie beim Zusatz einfacher, wässriger Glykogenlösung erfolgt. Weitere Verminderung der Calciumkonzentration führt zu einer zweiten synthetischen Phase, die ihr Maximum bei m/32 erreicht. Aber auch bei m/1024 entsprechend einem Calciumgehalt von nur 2 mg in 100 ccm der zugesetzten Lösung ist noch ganz beträchtliche Synthese erkennbar. Die in diesem Versuche beobachtete Einwirkung von Calciumchlorid in fallenden Konzentrationen ist ein für das Calciumion charakteristischer, regelmäßig reproduzierbarer Befund.

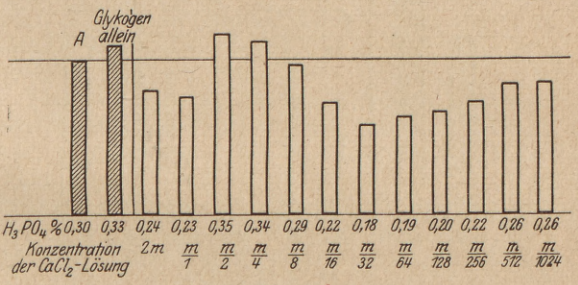

Fig. 4.
Synthese von Lactacidogen im Muskelbrei unter Einwirkung von $CaCl_2$-Lösungen verschiedener Konzentration.

Andere Ionen, von den Anionen z. B. das Chlorion und das Bromion, von den Kationen vor allem das Magnesiumion, üben eine starke antagonistische Wirkung gegen die Synthesebegünstigung durch Ca-Ionen aus, und es ist wohl berechtigt anzunehmen, daß der Lactacidogenstoff-

wechsel geradezu beherrscht wird durch das Spiel und Gegenspiel von Ionen.

Auch hierfür gebe ich ein Beispiel, das aus einer bisher unveröffentlichten, von *Lange* und *Emmrich* durchgeführten Versuchsreihe stammt:

Links von der Vertikalen sind die Grundwerte *A* und *B* dargestellt. Die erste Säule rechts von der Vertikalen zeigt, daß wässrige Calciumchloridlösung in einer Konzentration von m/50 (nach einer Einwirkung von 4 Stunden bei 11°) starke Lactacidogensynthese herbeiführt, wobei die anorganische Phosphorsäure von 0,32 % auf 0,20 % absinkt.

In den nach rechts zunächst folgenden Säulen enthält die m/50-$CaCl_2$-Lösung gleichzeitig m/10 NaCl, m/10 KCl und m/10 NH_4Cl. Durch diese Zusätze wird eine erhebliche Verringerung der unter alleinigem Zusatz von $CaCl_2$-Lösung erfolgenden Synthese herbeigeführt.

In einem weiteren Versuch, der statt der genannten Alkalien neben m/50 $CaCl_2$ m/10 $MgCl_2$ enthielt, tritt überhaupt keine Synthese von Lactacidogen, sondern im Gegenteil Spaltung ein, und auch bei einem Gehalt von m/20 $MgCl_2$ wird jegliche Synthese verhindert.

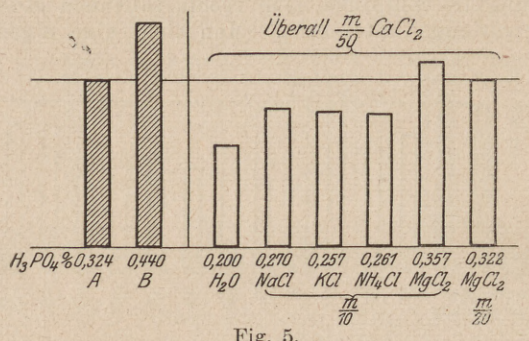

Fig. 5.

Einfluß verschiedener Chloride auf die Lactacidogensynthese durch Ca-Ionen im Muskelbrei.

Von den in diesen Versuchen untersuchten Kationen erwies sich also das Magnesium als der stärkste Antagonist des Calciums.

Wenn wir annehmen, daß die Säurebildung aus Lactacidogen die unmittelbare oder auch nur mittelbare Ursache der Muskelkontraktion ist, so dürfen wir sagen, daß die Kontraktion eines Muskels eingeleitet wird durch das Wechselspiel zwischen Permeabilitätssteigerung und Eintritt von Lactacidogenspaltung bewirkenden Ionen, und die Vermutung äußern, daß auch beim Wiederaufbau des Lactacidogens, der einen Teil der Restitution des Muskels im chemischen Sinne darstellt, bestimmte Ionen eine entscheidende Rolle spielen. Als solche restituierende Ionen kommen in erster Linie das Ca-Ion und das Fluorion in Betracht, letzteres ist, wie gezeigt werden konnte, selbst in ähnlich minimalen Mengen, in denen es sich nach neueren Untersuchungen von *Gautier* und *Clausmann* im Muskel findet, noch deutlich wirksam.

Die weitere Verfolgung der geschilderten Befunde führte nun zu Ergebnissen, die, wie ich glaube, auch über das Gebiet der Muskelphysiologie hinaus ein gewisses Interesse haben. In Versuchen, die Frl. *Haymann* und ich ausführten, konnte nämlich gezeigt werden, daß die charakteristische Beeinflussung des Lactacidogenstoffwechsels durch bestimmte Ionen keineswegs an die Struktur gebunden ist, sondern daß sie sich gerade so gut auch im Muskelpreßsafte nachweisen läßt. Sowohl Fluor- wie Calciumionen vermögen die intensive fermentative Spaltung des Lactacidogens im Muskelpreßsaft, die unter bestimmten Bedingungen (unter anderem auch bei bestimmter H-Ionenkonzentration) eintritt, in eine ebenso intensive Synthese umzukehren.

Ein solcher Versuch ist in Fig. 6 dargestellt, in dem völlig zellfreier Preßsaft zur Verwendung gelangte, der aus der Muskulatur eines soeben getöteten Kaninchens gewonnen war.

Die erste Säule gibt den sofort ermittelten *A*-Wert für Phosphorsäure wieder. Bleibt der Preßsaft unter Zusatz des gleichen Volumens wässriger Natriumbicarbonatlösung von 2 % während 2 Stunden bei 10° stehen, so erfolgt starke Lactacidogen*spaltung* (zweite Säule, Anstieg der Phosphorsäure von 0,30 % auf 0,39 %). Gleichzeitiger Zusatz von Calciumchlorid in isotonischer

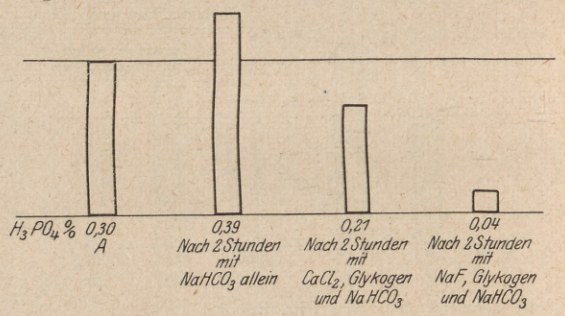
H3PO4 % 0,30 0,39 0,21 0,04
A
Nach 2 Stunden mit NaHCO3 allein
Nach 2 Stunden mit CaCl2, Glykogen und NaHCO3
Nach 2 Stunden mit NaF, Glykogen und NaHCO3

Fig. 6.

Spaltung und Synthese von Lactacidogen im Preßsaft.

Lösung und von Glykogen bewirkt starke Lactacidogen*synthese* (Absinken der Phosphorsäure auf 0,21 %). Auch ohne Glykogenzusatz wurde übrigens im wesentlichen das gleiche Ergebnis erzielt. Isotonische Natriumfluoridlösung mit Glykogen — wieder mit gleichem Gehalt an Natriumbicarbonat — läßt unter Lactacidogenaufbau fast die gesamte Phosphorsäure verschwinden (Absinken von 0,30 % auf 0,04 %).

Die beschleunigende Wirkung anderer Ionen läßt sich auch am Preßsaft durch deren antagonistische Wirkung gegen die unter dem Einfluß von Calciumionen erfolgende Synthese dartun.

Hiermit dürfte zum ersten Mal der Beweis erbracht sein, daß die Richtung einer fermentativen Reaktion, ob Abbau oder Aufbau erfolgt, durch das Vorhandensein geringer Mengen anorganischer Ionen in stärkster Weise beeinflußt, ja man kann sagen geradezu bestimmt wird, daß also Ionen die Gleichgewichtslage einer reversiblen Fermentreaktion beherrschen.

Nur wenige Worte noch über den Mechanis-

mus der eben geschilderten Ionenwirkung. Schon die Tatsache, daß die so verschiedene Wirksamkeit der einzelnen Ionen geradezu beherrscht wird durch ihre Stellung in der lyotropen Reihe, läßt an eine Beeinflussung des kolloidalen Zustandes des lactacidogenspaltenden Fermentes selbst oder seiner kolloiden Begleitstoffe denken, und diese Auffassung wird weiterhin gestützt durch Untersuchungen meiner Mitarbeiter *Abraham* und *Kahn*, aus denen hervorgeht, daß kurzes Aufbewahren von Muskelbrei oder Muskelpreßsaft die Wirkung synthesebegünstigender Ionen aufs stärkste herabsetzt, während die fermentative Spaltung des Lactacidogens noch fast ungestört sich vollziehen kann.

Auch hierfür sei ein Versuchsbeispiel gegeben.

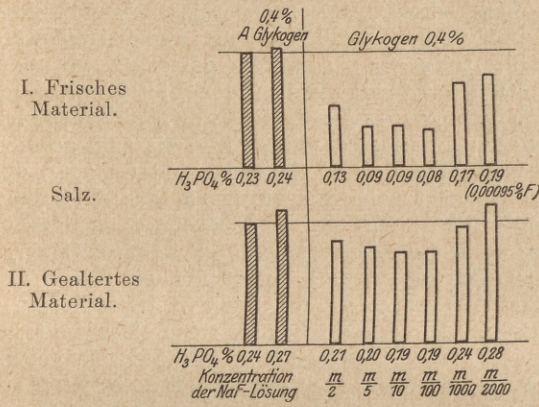

Fig. 7.

Einfluß der Alterung auf die Synthese von Lactacidogen im Muskelbrei.

In Fig. 7 sind zwei Versuche übereinander dargestellt, von denen der obere an möglichst frisch gewonnenem Froschmuskelbrei, der untere an dem gleichen Muskelbrei ausgeführt wurde, nachdem er während drei Stunden bei Zimmertemperatur gestanden hatte.

Während dieser Zeit erfolgte nur ein ganz geringer Anstieg der anorganischen Phosphorsäure (*A*-Wert oben: 0,23 %, *A*-Wert unten: 0,24 %). Zweistündiges Stehen mit dem gleichen Volumen einer Glykogenlösung von 0,4 % in Wasser — ebenfalls bei Zimmertemperatur — führt in beiden Fällen zu geringer Phosphorsäureabspaltung; sie ist beim gealterten Material etwas größer als beim frischen.

Enthält die Glykogenlösung von links nach rechts abfallende Mengen von Natriumfluorid, so erfolgt in beiden Versuchen Lactacidogensynthese, doch ist diese am frischen Material ungleich stärker. Das Maximum der Synthese ist oben wie unten bei Verwendung von m/100 Natriumfluoridlösung vorhanden, aber während am frischen Brei bei dieser Fluoridkonzentration der Phosphorsäuregehalt auf 0,08 % abgesunken ist, beträgt er im Versuch am gealterten Material weit mehr als das Doppelte, 0,19 %, im ersten Falle sind 0,15 %, im zweiten nur 0,05 % Lactacidogenphosphorsäure neu gebildet. Am frischen Material erfolgt in m/1000 und m/2000 Natriumfluoridlösung noch sehr erhebliche Synthese, während am gealterten Muskelbrei m/1000 Natriumfluoridlösung nur gerade die in gleich glykogenhaltigem Wasser erfolgende Lactacidogenspaltung verhindert und m/2000 Fluoridlösung überhaupt unwirksam ist.

Derartige Versuchsergebnisse lassen sich, wie ich glaube, am besten durch die Annahme einer mit Hysterese verbundenen Alterung von ursprünglich höchst ionenempfindlichen Kolloiden erklären, und alle bisher vorliegenden Tatsachen machen es wahrscheinlich, daß die Richtung der in Frage kommenden Fermentreaktion bestimmt wird durch den jeweiligen Zustand gewisser irgendwie mit dem Ferment verbundener Kolloide, daß dieser Kolloidzustand seinerseits in stärkster Abhängigkeit von der jeweiligen Ionenmischung steht.

Versuche mit anderen Fermenten als dem lactacidogenspaltenden wurden von uns bisher nicht vorgenommen, aber ich möchte von vornherein glauben, daß es sich hier nicht um eine vereinzelte Erscheinung handelt, sondern daß auch bei anderen Fermentreaktionen nicht nur, wie man bereits wußte, die Geschwindigkeit des Ablaufs von Spaltungen ional beeinflußt wird, sondern daß Ionenwirkungen es sind, die die Richtung intrazellularer Fermentreaktionen beherrschen.

Literaturverzeichnis.

1. *Fletcher* und *Hopkins*: Journal of Physiol. Bd. *35*, S. 247 (1906).
2. *Embden*, *Schmitz* und *Meincke*: Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. *113*, S. 10 (1921).
3. *Embden* und *Lawaczeck*: Bioch. Zeitschr. Bd. *127*, S. 181 (1922).
4. *Embden* und *Laquer*: Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. *113*, S. 1 (1921). Hier sind auch unsere älteren Arbeiten über den gleichen Gegenstand erwähnt.
5. *Embden* und *Adler*: Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. *118*, S. 1 (1922).
6. *Embden* und *Lawaczeck*: Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. *125*, S. 199 (1923).
7. *Schwarz*: Pflüg. Arch. Bd. *117*, S. 161 (1907).
8. *Embden* und *Lange*: Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. *130*, S. 350 (1923).

Der gegenwärtige Stand der geologischen Forschung.

Historische Geologie.

Von E. Wepfer, Freiburg i. B.

(Schluß.)

Im *Quartär* (= Diluvium oder Pleistocän) nehmen die Meere schon beinahe ihre jetzige Gestalt an; Großbritannien und Frankreich waren noch verbunden: Mammuthreste finden sich in

Kiesen im Kanal, ferner auch auf der vom einstigen Rhein aufgehäuften Doggerbank. Auch sonst sehen wir an der Nord- und Ostseeküste noch einige Unterschiede; indessen ist die Ausbreitung jener diluvialen Meeresflächen noch nicht genügend geklärt. Es scheint wahrscheinlich, daß die Ostsee als solche noch nicht bestanden hat, jedoch kennt man verschiedentlich in Norddeutschland und Holland marine Ablagerungen mit der marinen sog. Eemfauna, die teilweise mediterrane und portugiesische Meeresmuscheln führt — jedoch kein einheitliches, d. h. z. T. präglaciales, z. T. alt-, z. T. jungdiluviales Alter zu haben scheint.

Bezeichnend für das Diluvium ist eine starke Abkühlung des Klimas, die schon in der Fauna des englischen Pliocäncrag (s. o.) sich ausdrückt, und in deren Folge nicht nur von Skandinavien aus weit über ganz Norddeutschland bis an den Rand der deutschen Mittelgebirge hin, sondern auch von fast allen höheren Gebirgen, ja von manchen Mittelgebirgen aus, *Gletscher* sich ausdehnten, stellenweise das Flachland als zusammenhängende „Inlandeisdecke" bedeckend. Ihre Grundmoränen liegen als *Geschiebemergel* bzw. *Geschiebelehm* in über hundert Meter Mächtigkeit in größeren Teilen Norddeutschlands, so daß ihre Unterlage bis weit unter Meereshöhe hinunterrückt. Man muß somit wohl annehmen, es habe hier eine Senkung des Untergrunds mit Beginn dieser Formation eingesetzt, d. h. auch für die Aufhäufung dieser rein kontinentalen Ablagerungen gilt dasselbe Gesetz, wie für das Zustandekommen mariner Schichtfolgen: Senkung und Sedimentation gehen Hand in Hand. — Die Annahme einer höheren Lage von großen Teilen der Erdoberfläche vor Beginn des Diluviums ist ziemlich alt: man suchte damit auch die untermeerischen Fortsetzungen mancher Täler und auch die Fjorde zu erklären.

Das *Nordeuropäische Glacialgebiet,* dessen Zentrum offenbar im skandinavischen Gebirge lag, reichte bis ins Petschoragebiet, über den Ural nach Asien hinein, über Moskau, Kiew, Warschau hinaus nach Süden, an den Karpathen- und Sudetenrand, den Nordrand des Erzgebirges, nach Thüringen, dann an den Rand des rheinischen Schiefergebirges, über Dortmund nach Holland und Südengland, offenbar die Becken der Nord- und Ostsee mit seinen Eismassen ausfüllend. Die Mächtigkeit des Eises läßt sich an seinen Spuren im Gebirge verfolgen und erreichte in Skandinavien bis 1800 m, am Harzrand noch etwa 130 m.

Es ist seit langem bekannt, daß nicht nur *eine* einzige *Vereisungsphase* stattfand, sondern deren mehrere, doch gehen die Ansichten über deren Anzahl noch etwas auseinander: während man in Nordamerika geneigt ist, deren 6, und entsprechend 5 *Interglacialzeiten* zu unterscheiden, spricht man in Norddeutschland meist von 3, in den Alpen und anschließenden Gebieten von 4 Eiszeiten mit verschiedenen weiteren, untergeordneten *Vorstoß-* und *Rückzugsphasen* des Eises. — Es ist klar, daß je nach der geographischen Lage hierin eine gewisse Verschiedenheit herrschen muß, und das Resultat hängt davon ab, wie weit das Eis sich nach jeder einzelnen „Eiszeit" zurückgezogen hat: bezeichnend ist, daß in Skandinavien kein Interglacial bekannt ist — das nördlichste Vorkommen liegt in Jütland.

Den Rand der Eismassen, ihre längere Stillstandslage an *einer* Grenze, ermessen wir aus den großen Stirn- oder Endmoränenzügen, die sich z. B. durch Norddeutschland als Hügelrücken in verschiedenen Bögen weit nach dem Osten verfolgen lassen. Bezüglich der Zuteilung dieser Höhenzüge zu den einzelnen Vereisungsphasen herrscht noch manche Unsicherheit.

Blocklehme, Geschiebemergel, Rundhöcker, Gletscherschliffe und Schrammung bezeichnen die Verbreitung des Eises und dessen Bewegungsrichtung; Stauchungen und Fältelungen des Untergrundes — durch die Einwirkung des sich bewegenden Eises entstanden — bis zum größten Ausmaß sind da und dort beobachtet. Asar, das sind langgezogene Höhenrücken aus Kies und Sand in der Richtung der Eisausbreitung liegend, sind wohl die Ablagerungen von Schmelzwässern, die z. T. unter-, z. T. innerhalb der Eismassen selbst — genau wie in jetzigen Gletschern — flossen. Die zahlreichen Ströme Norddeutschlands wurden längs dem Eisstirnrand nach Westen bzw. Nordwesten abgelenkt, und noch jetzt erkennen wir die Lage solcher *Urstromtäler,* denen die jetzigen Flüsse nur streckenweise noch folgen, um auf kürzerem Wege, dem allgemeinen Gefälle folgend, dem Meer zuzustreben. Große Seeflächen, die *Eisstauseen,* entstanden vor der Stirn des landaufwärtsströmenden Eises, in denen sich, wahrscheinlich infolge des jahreszeitlichen Wechsels, *Bändertone* ablagerten; ähnliche Eisstauseen finden sich vor allem in Skandinavien zwischen Gebirgswasserscheide und „Eisscheide", die einander nicht immer decken — und hinterließen ihre Ablagerungen —, ebenso wie durch deren nacheiszeitliche Abtragung durch Flüsse das hierdurch bedeckte *präglaciale* oder altdiluviale Bodenrelief mit alten Schluchten und Tälern zum Vorschein kommt. Es ist ja bezeichnend für den Grad der Ausbreitung der rein glacialen Ablagerungen, daß sie weit über das Gebiet der jetzigen, z. T. erst später ausmodellierten Täler hinausreichen. — Außerhalb des vereisten Gebietes breiteten weiterhin Schmelzwässer mächtige Sand- und Schottermassen aus, die allmählich von den Endmoränen nach außen abfallen und zum jetzigen Gewässernetz überführen. Man bezeichnet diese ursprünglich mehr oder weniger einheitlichen Schuttflächen als *Sandr.*

Einen anderen Typus der Vereisung treffen wir in den *Alpen*: die Gletscher reichten bedeutend weiter in den Tälern hinunter, breiteten sich z. T. auch im Vorland aus, wo dann ähnliche Bilder flächenhafter Inlandvereisung entstehen,

wie damals im Norden, und heute etwa in Grönland. Das Schmelzwasser hatte aber hier, wo die Eismassen sich in der Richtung des natürlichen Gefälles bewegten, freien Abfluß, wurde nicht gestaut; infolgedessen pflegen hier die in den nördlichen Eisstauseen entstandenen Bändertone, mit denen dort jedes vollständige glaciale Profil beginnt, zu fehlen. Das Eis des Rhonegletschers reichte teilweise bis über das Juragebirge hin zum Zentralplateau; der Rheingletscher erstreckte sich über Schaffhausen bis in die Gegend von Tuttlingen und Sigmaringen ans Donautal, Lech- und Isargletscher stießen bis in die Nähe von München vor, ähnlich Inn- und Salzachgletscher. Gegen Osten zu stieg auch damals, wie heute, die Schneegrenze an, und die Vergletscherung reichte weniger tief hinunter. — In den *Südalpen* finden wir am Austritt der Täler aus dem Gebirge mächtige Endmoränen-Amphitheater bei Ivrea, ferner am Gardasee. — Auch in den Alpen ist der Anschluß mächtiger Schottermassen an die Endmoränen oft deutlich, Gletscherschrammung, Schliffe, Rundhöcker treten häufig auf. Und wie im nordeuropäischen, so werden auch im Alpengebiet die Vereisungsphasen abgelöst von Zwischeneiszeiten.

Die Frage, worin die Abkühlung der Diluvialzeit ihre Ursache hat, ist noch nicht befriedigend gelöst; ob sie in einem ursächlichen Zusammenhang mit der vorausgehenden Gebirgsbildung der Tertiärzeit und ihren vulkanischen Ereignissen steht, ähnlich wie auch auf die Karbonzeit mit ihren Gebirgsbildungen und ihrem Vulkanismus eine Eiszeit — allerdings auf der südlichen Halbkugel — folgt, ob kosmische, astronomische Ursachen, Polschwankungen zur Erklärung heranzuziehen sind, ob ein veränderter Gasgehalt (Kohlensäure) der Luft, steht dahin. — Sicher ist wohl, daß Gletscher bereits zur Tertiärzeit auf den damals entstandenen Hochgebirgen sich entwickelten, deren Spuren indessen durch die viel mächtigeren, folgenden Vereisungen verwischt worden sind.

Bei der Ungewißheit über die Parallelisierung der einzelnen Vereisungsphasen, z. B. schon der Alpen und Norddeutschlands, ist maßgebend die Auffassung, ob jene Phasen nur als Vorstöße von mehr oder weniger geringer Tragweite aufzufassen sind, oder als wirkliche Vereisungsphasen, zwischen denen das Eis sich sehr viel weiter zurückzog. Die erstere Auffassung würde sich mit lokalen Gründen für einen Vorstoß *hier* und dessen Mangel an *anderer* Stelle begnügen können, während die letztere Auffassung wohl zu dem Gesichtspunkt *regionaler* Gründe für die öftere Wiederholung einer Vergletscherung über Gebiete führen müßte, die zwischenhinein unter gänzlich anderen, milderen klimatischen Verhältnissen standen; und von diesem Gesichtspunkt aus scheint neuerdings trotz mancher Schwierigkeiten eine Gleichstellung der einzelnen Eiszeiten zu gelingen. — Zum Zwecke der Gliederung des Glacialdiluviums kann man sowohl die im einst *vergletscherten*, als auch die im *eisfreien* Gebiet entstandenen Ablagerungen benützen. Maßgebend vor allem ist aber der Charakter der interglacialen Gesteine: nach der Verschiedenheit der darin eingeschlossenen Fauna und Flora und nach ihrer stratigraphischen Lage kann man das verschiedene Alter der einzelnen Phasen erkennen; es sind Schotter, Sande, Ton-, Torf- und Kalksinterablagerungen mit z. T. reicher Fauna und Flora, und ferner teilweise mit Resten menschlicher Skelette und menschlicher Kultur. Bei dieser Gliederung des Diluviums helfen uns wesentlich die Fortschritte der prähistorischen Forschung, die uns längst bestimmte Stadien der Entwicklung aus der Technik und Kultur jener Menschen kennen gelehrt hat. — Sehr wesentlich ist nun, daß die Fauna und besonders deutlich die Flora der Zwischeneiszeiten uns unzweifelhaft ein Klima erkennen läßt, das z. T. milder war als das heutige an den betreffenden Fundstellen: Stechpalme, Eibe, Linde, Walnußbaum kommen häufig vor, die drei ersteren bis nach Jütland hinauf! In derselben Richtung läßt auch die Fauna schließen. — Wie im Norden, so kann man auch im alpinen Gebiet an vielen Stellen nachweisen, wie nach Rückzug der Gletscher einer Vereisungsphase der eisfreie Boden sich mit einer durchaus gemäßigten Flora und Fauna besiedelte; deutlich liegen entsprechende Ablagerungen zwischen zwei Moränen, d. h. zwei verschiedenen Vereisungsphasen.

Des weiteren beobachten wir, wie die aufgeschütteten Moränen und zugehörigen Schotter nach dem Rückzug des Eises verwittert sind, und zwar unter dem Einfluß eines gemäßigten Klimas: sie wurden durch die Sickerwässer, die Durchdringung mit Pflanzenwurzeln entkalkt und die Eisenoxydulsalze zu Eisenoxyden umgewandelt, ein Oxydationsvorgang, der in diesem Zusammenhang als *Ferretisierung* bezeichnet wird. Wären die Moränen nicht völlig eisfrei geworden, so hätte diese bezeichnende Verwitterungsform nicht stattfinden können: wir sehen nun, daß die Moränen der jüngsten Eiszeit seither nur ½ bis 1½ m tief verwittert sind, während diejenigen älterer Eiszeiten 10, ja bis über 15 m tief verwittert sind; daraus folgt, daß sie außerordentlich lange eisfrei gelegen haben müssen und das Eis sich sehr weit zurückgezogen haben muß. — Das gewichtigste Wort aber in diesem letzteren Sinne sprechen die bereits erwähnten Pflanzenvorkommen.

Neuerdings scheint nun auch ein Haupthindernis dafür, daß man sich nicht recht über die oben angeschnittene Frage einigen konnte, dahinzufallen: eine übereinstimmende Gliederung der einzelnen Phasen wenigstens für Alpen- und norddeutsches Gebiet scheint zu glücken (*Soergel*). Demnach wären die Interglaciale als Zeiten eines völligen Rückzugs des Eises aus der norddeutschen Ebene bis nach Skandinavien, und in

den Alpen bis zum jetzigen Vergletscherungsbild anzunehmen.

Nach dem Vorgang von *Penck* und *Brückner* hat man die Haupteiszeiten mit den Namen von Flüssen bzw. Seen im nördlichen Voralpengebiet in ihrer natürlichen Reihenfolge als Günz-, Mindel-, Riß- und Würm-Eiszeit bezeichnet. Jeder dieser Eiszeiten entspricht ein Endmoränengürtel, an den sich eine zugleich entstandene Schotterdecke anschließt, die in den Zwischeneiszeiten von den ungleich kräftigeren Schmelzwässern zertalt worden ist, und deren Reste z. T. als *Terrassen* in den Flußtälern weit über dem jetzigen Flußspiegel liegen. Diesem Bild liegt die Anschauung zugrunde, daß die schwächer fließenden *Schmelzwässer* der *Eiszeit* ihren Schutt nicht weit tragen konnten, sondern gleich beim Austreten aus den Eismassen ablagerten, während die naturgemäß viel reichlicheren Wässer beim Rückschmelzen des Eises Erosionsarbeit leisten konnten, und sich in die lockere Schotterfläche rasch eingruben. — Es entspricht wohl der Günzeiszeit der *ältere Deckenschotter,* der Mindeleiszeit der *jüngere Deckenschotter,* der Rißeiszeit die *Hochterrasse* und der Würmeiszeit die *Niederterrasse.* — Ebenso wie die Moränen selber, so sind auch diese Schotter um so tiefer und intensiver verwittert, je älter sie sind, und liegen im allgemeinen, je jünger, desto weniger hoch über dem jetzigen Talboden. Diese allmähliche Tieferlegung der Täler erfolgte jeweils durch Erosion und deren rückwärtiges Einschneiden. Oftmals hatten die Flüsse während einer Interglacialzeit offenbar nicht genügend Zeit, um die ideale, fertige Gefällslinie eines Flusses völlig auszuarbeiten; die Täler wurden durch die Schotterakkumulation der folgenden Eiszeit wieder ausgefüllt, und erst in der nächstjüngeren Interglacialzeit nahm der Fluß seine alte, unterbrochene Erosionsarbeit wieder auf: zum Teil ist sie auch jetzt noch im Gange. So ließe sich der Wechsel zwischen Akkumulation und Erosion auf dieselben Ursachen zurückführen, wie die einzelnen Vereisungsphasen selbst, nämlich auf die klimatischen Schwankungen.

Aus rein meteorologischen Gründen mußte über den mächtigen vereisten Gebieten eine *Anticyklone* sich bilden, d. h. vom Eis weg ins Vorland mußten ständige Winde wehen; sie waren es nach der hier dargestellten Anschauung, die aus den Moränen an der Stirn der Gletscher feines Material auswehten — ein Vorgang, der auch an jetzigen Gletschern in den Alpen verfolgt werden kann. Dieses Material lagerte sich im eisfreien Gebiet zwischen Alpen- und norddeutscher Vereisung ab: es entstand der ursprünglich ungeschichtete *Löß,* welcher, wie die petrographische Untersuchung bewiesen hat, aus Moränenmaterial stammt. Die im Löß aufgefundene Fauna hat jedenfalls im Gegensatz zu derjenigen der Interglacialzeiten eine ausgesprochen nordische Note: Wildpferd, asiatischer Wildesel, Steppeniltis, Schneehase, Ziesel, Murmeltiere, der große Pferdespringer, der Zwergpfeifhase, Renntier, Moschusochse, Lemming stimmen nicht zu dem wärmeren Klima der Zwischeneiszeiten.

Der Löß lagert sich besonders an den im damaligen Windschatten gelegenen Hängen ab. Verschiedene *Lehmbänder* in dem normalerweise kalkreichen Löß zeigen offenbar einen Stillstand der Lößbildung und somit Verwitterung an, ebenso wie *Sand-* und *Kiesbänder* darin eine Unterbrechung und das Auftreten andersartiger, durch vermehrte Wassertätigkeit charakterisierter Ablagerungs-, Umlagerungs-, ja Auswaschungsbedingungen andeuten; damit läßt sich der Löß in verschiedene Abteilungen, deren zwei man als „älteren" und „jüngeren Löß" schon lange kennt, gliedern, und es ist zu hoffen, daß diese in der Zukunft sich in das Schema der Eis- und Zwischeneiszeiten einpassen lassen werden. Es ist wahrscheinlich, daß gerade die Lehm-, Sand- und Kiesbänder des Löß in dieser Richtung ein recht empfindlicher Maßstab sind, auf den freilich rein lokale Ursachen gleichfalls einwirken könnten. — Niemals scheint der Löß auf größere Strecken hin von Moräne bedeckt zu sein; d. h. er entstand wohl überhaupt nur in der genannten verhältnismäßig schmalen Zone — er liegt vor der Moräne der entsprechenden Eiszeit, nie auf ihr, sondern stets höchstens auf den Moränen und vor allem den Schottermassen der nächstälteren Eiszeit. — Freilich darf nicht verschwiegen werden, daß eine Anzahl Forscher zu anderen Auffassungen bezüglich der Altersklassifizierung des Löß neigen.

Außer den Moränen, den Schottern, dem Löß, ferner den Torf-, Ton-, Kalksinter- u. a. Bildungen kennen wir noch Ablagerungen in Höhlen, den sog. *Höhlenlehm,* d. i. in vielen Fällen ein Verwitterungsprodukt des meist kalkigen Gesteins, in dem die Höhlen auftreten. In ihm, sowie geschützt durch Kalksinter- und Tropfsteinbildungen, finden sich nicht selten massenhafte Reste der diluvialen Tierwelt (Höhlenbär usw.) sowie Spuren des Menschen und seiner Kultur (Stein- u. a. Werkzeuge, Wandzeichnungen und -malereien, meist jene Tierwelt darstellend, besonders im nördlichen Spanien und in Frankreich, sowie Skulpturen), als dessen Jagdbeute die betreffenden Tiere zum Teil betrachtet werden können.

Das Eis hat durch seine *Bewegung* den Untergrund beeinflußt und bestimmte, zum Teil auch morphologisch erkennbare Züge der Landschaft durch Aufschüttung bzw. Erosion aufgeprägt; dahin gehört wohl die *Übertiefung* mancher Täler, in deren Senken dann Seen entstanden sind; ob allerdings die teilweise große Tiefe der alpinen Randseen hierauf zurückzuführen ist, erscheint zweifelhaft — manche Forscher möchten sie als tektonische Spezial- bzw. allgemeinere Senkungen des Untergrundes deuten. — Dagegen ist der oft sehr deutliche U-förmige Querschnitt vieler einst vereisten Täler wohl auf die besondere Art gla-

cialer Verwitterung an den Hängen (Frostwirkung) und glacialer Erosion zurückzuführen, ebenso wie die Entstehung der *Kare* und der *Hängetäler*, d. h. Täler, die mit einer bedeutend höheren Sohle am Steilrand eines tieferen Haupttales endigen — ein Gegensatz, der auf die stärkere *Auskolkung* des Haupttales durch die flächenhafte Erosion des Hauptgletschers bzw. auf deren relatives Zurückbleiben in den mit geringeren Gletschern erfüllten Nebentälern zurückgeführt wird.

Der oben erwähnte Wechsel zwischen Aufschüttung und Abtragung, der in den Flußtälern das Bild der Terrassierung hervorgerufen hat, könnte an und für sich auch durch eine allmähliche Hebung des Untergrundes, die durch Stillstände bzw. Senkungen unterbrochen wurde, erklärt werden. In der Tat sind solche Hebungen und Senkungen in Skandinavien und im Ostseegebiet sehr deutlich in der auf die letzte Vereisung folgenden *Postglacialzeit* nachgewiesen. Skandinavien hat sich seit der Diluvialzeit zum Teil gehoben, und hebt sich jetzt noch, in den letzten Zeiten stellenweise um etwa 1 m innerhalb 100 Jahren. Alte Meeres-*Strandlinien* sind in Schweden bis auf 250 m, in Norwegen auf 160 m Höhe nachgewiesen; diese Hebung wird von manchen als eine *isostatische*, d. h. infolge Entlastung beim Verschwinden der diluvialen Eiswasser eingetretene, aufgefaßt. — Eine Zurückführung auf eine Senkung des Meeresspiegels, wie man früher meistens wollte, ist nicht tunlich, da die Strandlinien — ebenso wie im ganzen Mittelmeergebiet — oft deutlich geneigt sind. Skandinavien speziell hat zum Schluß der Eiszeit offenbar tiefer gelegen als jetzt: marine *Bändertone* mit der nordischen Muschel *Yoldia* zeigen durch ihre Verbreitung, daß damals Nord- und Ostsee über Südschweden hinweg in Verbindung standen. Nach der Anzahl der Tonbänder glaubt *de Geer* die Zeit vom Stand des Eises in Schonen bis zu seinem Rückzug nach Mittelschweden auf ca. 5000 Jahre schätzen zu können. Auf diese „Yoldiazeit" folgten noch verschiedene abwechselnde Hebungen und Senkungen, die man jeweils aus der Fossilführung der betreffenden Ablagerungen (teils Meeres-, teils Süßwassermollusken) erschließen kann.

Aus dem *übrigen Europa* wissen wir, daß Großbritannien teilweise eine weitgehende selbständige Vergletscherung aufzuweisen hatte. — In Südrußland entstand das Schwarze Meer wohl als ein ursprünglicher Binnensee, im Anschluß an die viel verbreiteteren mediterranen Wassermassen des Jungtertiärs; seine jetzige Verbindung mit dem Mittelmeer wurde wohl erst durch den Zusammenbruch des „*Ägäis*"-Festlandes (s. o.) in der älteren Quartärzeit ermöglicht. — Auch im Mittelmeer selber war die Ausdehnung des Wassers im Diluvium ursprünglich größer; zahlreiche hohe Strandlinien, diluviale Meeresablagerungen z. B. in Sizilien, nahe dem jetzigen Strand, — scheinbar mit Anzeichen einer gewissen Abkühlung im Zusammenhang mit der Eiszeit — sprechen dafür. Umgekehrt hat in Dalmatien offenbar eine Senkung des Landes seit jener Zeit eingesetzt, die sich in verschiedenen „ertrunkenen" Tälern ausspricht. Ein grundlegender Gegensatz braucht sich indessen in dieser Verschiedenheit nicht zu äußern: beide Erscheinungen sind auf *einen* bestimmten Komplex von Erscheinungen zurückzuführen, nämlich auf den Einbruch gewisser Teile der *Tyrrhenis* und ebenso der *Adria* seit der Tertiärzeit bzw. auf ein gleichzeitiges Aufsteigen gewisser Festlandsgebiete. Die Grenze zwischen Hebungs- und Senkungsbezirk ist dabei keine einheitliche, der heutigen Grenze von Land und Meer folgende, sondern eine verschieden breite Zone von Störungslinien, auf der zum Teil (römische Campagna, Umgebung von Neapel usw.) Vulkane auch im Diluvium tätig waren, und wo die einzelnen Schollen in verschiedener Weise der allgemeinen Bewegungstendenz dieses Bruchlandes gefolgt sind.

In *Nordamerika* sind mehrere (s. o.) weit ausgedehnte Vereisungen bekannt, deren Zentrum das laurentische Bergland in Canada und Grönland bilden. Die Endmoränen reichen von den nördlichen Appalachen über den Ohio nach St. Louis am Mississippi und rechts des Missouri bis an die Rocky Mountains, mit deren eigener Vereisung sie Fühlung nehmen. Mächtige Eisrandseen sind noch durch die Lage zahlreicher höher liegender Seeterrassen bezeichnet; präglaciale Täler sind unter jenen glacialen Schottern durch die spätere Erosion freigelegt worden. — Die dortigen jetzigen Wüsten und Halbwüsten waren zum Teil viel reicher an Wasser, zum Teil geradezu Seen mit hohem Wasserstand, deren Marken z. B. durch die Uferterrassen des Großen Salzsees bezeugt werden. — Ähnlich wie in Skandinavien zeigen sich in den nördlichen Teilen des nordamerikanischen Kontinents hohe Strandlinien des Meeres — an der Hudsonbai bis 400 m ü. M., die eine entsprechende spätdiluviale Transgression des Meeres beweisen, während weiter nach Süden die Höhe des damaligen Meeresspiegels mehr und mehr der jetzigen ähnlich wird. In Alaska, im arktischen Archipel zeigen sich Spuren einer kräftigen Vereisung. — Auch im nicht vergletscherten Gebiet entstanden in Amerika zum Teil lößartige Gesteine, so die *Pampaslehme* in *Südamerika;* in Nord- und Südamerika finden sich in entsprechenden Gesteinen — die freilich in letzterem zum Teil schon pliocän zu sein scheinen — Reste von *Edentaten* (das Riesenfaultier Megatherium, das Riesengürteltier Glyptodon u. a.), ferner *Vorläufer* des *Lama* und des *Pferdes*, das aber selber in vorhistorischer Zeit in Amerika ausgestorben ist; jedenfalls zeigt die Übereinstimmung dieser Fauna der beiden Amerika, daß sie damals wohl in breiterer Zone als heute verbunden waren. — In *Patagonien* herrschte eine selbständige Vereisung; in Knochenhöhlen im südlichen Chile

fand sich außerdem als Zeitgenosse des Menschen das mit dem Riesenfaultier verwandte *Glossotherium* oder *Grypotherium*, von dem außer dem Skelett auch Fellstücke erhalten sind.

In *Asien* waren die Hochgebirge gleichfalls stärker vereist, doch ist der Unterschied jener Schneegrenze gegenüber der jetzigen nicht so groß. Gewissermaßen als Zeugen der Eiszeit in dem übrigens offenbar nicht vereisten nördlichen Asien, in Sibirien, sind die im *fossilen Steineis eingefrorenen Leichen* des diluvialen — oder dort noch später lebenden? — Mammuths, ferner von Rhinozeros und Wisent aufzufassen. Besonders bemerkenswert sind auf gewissen Inseln der großen sibirischen Ströme Anhäufungen riesiger Mengen von Mammuthknochen und insbesondere -zähnen, die lange Zeit einen wichtigen Elfenbeinexport veranlaßt haben.

In *Australien* ist eine reiche diluviale Fauna bekannt, die, wie die heutige ursprüngliche, aus *Beuteltieren* besteht, darunter der Beutellöwe, ferner das bis zu 4 m lange und 2 m hohe pflanzenfressende *Diprotodon*; ferner sind Vorläufer des Monotremen Echidna, des Schnabeltieres, bekannt. — *Neuseeland* trug eine ausgedehnte Vereisung; von der diluvialen Fauna sind besonders erwähnenswert die Moas, z. T. erst in historischer Zeit ausgestorbene Riesenvögel, deren eine Art bis zu 3,5 m Höhe erreichte.

Selbst im *Äquatorialgebiet* sind die Schneegrenzen der Diluvialzeit herabgerückt; Spuren größerer Vereisung finden sich am Kilimandscharo und in Venezuela. — Im Bereich des *Indischen Ozeans* finden sich quartäre Meeresablagerungen, umgekehrt an der australischen Ostküste ertrunkene Flußtäler, und für Senkungen von gewissen Teilen des Meeresuntergrundes sprechen — vom Gesichtspunkt der Darwinschen Erklärung — die Atolle. — *Madagaskar* ist faunistisch bereits in der Diluvialzeit gekennzeichnet durch das Vorkommen von Lemuriden (Halbaffen).

Ein *Überblick* über die gesamte diluviale *Fauna und Flora* muß unterscheiden zwischen den glacialen nordischen einerseits und den inter- bzw. präglacialen Formen andererseits, die z. T. durchaus gemäßigtes Klima verraten. — Die pliocänen Arten, wie Elephas meridionalis, Machairodus (s. o.) u. a. scheinen erst im Lauf des älteren Diluviums zu verschwinden und werden nach und nach durch nordische Arten ersetzt, während diese letzteren umgekehrt nach Schluß der Eiszeit in die Alpen (Murmeltier, Steinbock, viele Pflanzen) bzw. in den hohen Norden auswandern. Während Ilex und andere Pflanzen (s. o.) gewiß ein gemäßigtes Klima der Interglacialzeiten beweisen, ist die uns bekannte Flora der eigentlichen Eiszeiten heute im Norden bzw. in den Alpen zu Hause: so Salix polaris, Betula nana, Dryas octopetala u. a. Doch ist die Verdrängung weder der Tiere noch der Pflanzen durch die Erwärmung des Klimas eine vollständige: *Relikten*, d. h. Überbleibsel mancher alpiner und nordischer Arten haben sich öfters in kühlen, schattenreichen Standorten bis heutigen Tages gehalten, so besonders manche Pflanzen, Landschnecken u. a.

Bemerkenswert ist die z. T. große Einheitlichkeit der diluvialen Wirbeltierfauna: das Mammuth findet sich in Europa, Sibirien, Alaska und ist nur im östlichen Nordamerika ersetzt durch eine Mastodonart. — Unter den diluvialen Elephanten kann man deutlich zwei Formen unterscheiden: erstens eine besonders in Lößablagerungen nicht seltene *Steppenform*, eben das *Mammuth* (Elephas primigenius), mit dessen Habitusbild — einem mächtigen Fetthöcker am Hinterkopf, der starken Behaarung, den stark gekrümmten Stoßzähnen — wir auch durch die altsteinzeitlichen Malereien und Zeichnungen (s. o.) recht gut bekannt sind; zweitens den *Elephas antiquus*, eine Waldform mit geraden, nur leicht nach oben gekrümmten Stoßzähnen. Das wollhaarige Nashorn, Flußpferd, Wildpferd, Elch, Rentier, Riesen- und Edelhirsch, Wildschwein, Auerochs, Wisent, Höhlenlöwe, Höhlenhyäne, Vielfraß und andere, z. T. genannte Tiere ergänzen das Bild der quartären Säugetierfauna, von denen im einzelnen nicht immer einwandfrei bekannt ist, ob sie glacial oder interglacial sind. — Nur z. T. sind diese Formen, von denen manche ausgesprochenes Jagdwild des Menschen gewesen sind, ausgestorben, andere sind ausgewandert nach dem Osten, nach Norden, in Steppengebiete oder in Wälder. Und gerade ihre jetzigen Standorte erlauben uns gewisse Rückschlüsse auf entsprechende Landschaftsformen in der Diluvialzeit. Doch ist die Art der Reihenfolge von Tundra-, Steppen-, Waldphase — infolge der klimatischen Schwankungen — im einzelnen noch etwas strittig.

Der Rolle des Menschen im Diluvium ist schon kurz gedacht; das Verhältnis seiner Kulturepochen zu den einzelnen Diluvialphasen ist noch nicht endgültig geklärt.

Das *Alluvium* schließlich macht uns mit den Ereignissen der jüngsten Zeit der Erdgeschichte und ihren Beziehungen zum Menschen bekannt. Mit der Annäherung an unsere heutige Zeit verschiebt sich naturgemäß das Interesse und das Material unserer Forschung; die marinen Ablagerungen — aus denen ein Bild nicht nur des betreffenden Meereslebens, sondern der *gesamten* Zeit zu gewinnen uns immer nur auf gewissen Umwegen gelingt — entstehen heute dort, wo unserer Beobachtung mit der Küste des Wassers ein Ende gesteckt ist; und die Daten über das Schichtentstehen im Meer sind immer nur vereinzelt, im Gegensatz zu dem häufigen Bild der vollzogenen Entstehung in der Vergangenheit. Umgekehrt spielen sich die Vorgänge, deren Produkte auf den einstigen Festländern vergangener Epochen meist der *dort herrschenden Abtragung* zum Opfer gefallen sind, heute vor unseren Augen ab: Wir verfolgen die Entstehung terrestrischer, kontinentaler Ablagerungen, wir erkennen die Veränderungen des Bodens durch die Einflüsse von Wasser und die in ihm gelösten festen und gasförmigen Stoffe, von darauf wurzelnden und verwesenden oder faulenden Pflanzen, die *Abhängigkeit* der *Verwitterung* und *Bodenbildung* vom *Klima*, die Bilder, welche die Verwitterung und Erosion auf dem Land mit seinen Bergen und Tälern erzeugt, und sehen damit auf der einen Seite das Material entstehen,

welches zum Aufbau der Schichtgesteine in Frage kommt, auf der anderen Seite einen bestimmten Formenschatz der Landschaft, den wir bis zu einem Endziel der Abtragung verfolgen oder konstruieren können. So sind die Gesteine und die Ereignisse der Diluvialzeit und des anschließenden Alluviums, d. h. der jüngsten Ablagerungen, die z. T. noch heute entstehen, in erster Linie berufen, auf induktivem Weg das zu ergänzen und zu prüfen, was uns ältere Formationen nur deduktiv folgern lassen; hierin liegt — ganz außerhalb des mehr akzessorischen, fast zufällig zu nennenden Auftretens von Vereisungen — die große Bedeutung der jüngsten Formationen: es erfolgt hier nichts für den Lauf der Erdgeschichte grundsätzlich Neues, sondern nur: *wir erleben es.* Umgekehrt kann auch nichts von dem, was den Inhalt unserer ganzen älteren geologischen Forschung bildete, heute gänzlich aussetzen. Und wenn wir uns fragen: wo entstehen heute Schichten und Zonen mit Fossilien? — so verlegen wir sinngemäß den Schauplatz solcher Ereignisse in jene Meereszonen, in welchen das vom Festland heruntergespülte terrestrische Material sich niederschlägt, nämlich in nicht allzu große Entfernung von demselben — und in erster Linie bleibt unser Auge auf den Flächen der Schelfmeere als Teilen der großen Kontinentalsockel hangen, wo *„epikontinentale"* Ablagerungen entstehen müssen, vergleichbar den fossilen, wo unter wärmerem Klima die reichliche Kalkaufnahme durch Organismen der verschiedensten Klassen auch kalkige Gesteine aufwachsen läßt. — *Hebungen* gewisser Teile der Kontinente, welche marine Ablagerungen diluvialen Alters auf Hunderte von Metern über den jetzigen Meeresspiegel versetzt haben, lassen uns den Begriff der *Diagenese,* der Verfestigung, der *Fossilwerdung* von Schichtgesteinen verstehen.

Auf der anderen Seite sind es diese Hebungen, ebenso, wie entsprechende Senkungen, die neuerdings meßbar deutlich da und dort beobachtet sind, die uns lehren, daß wir durchaus nicht den besonderen Vorzug eines Stillstandes jener stets tätigen Kräfte genießen, die wir immer wieder als Senkung und Hebung, d. h. als das eigentliche Agens aller Schichtaufhäufung erkennen mußten.

Eine geringfügige Hebung würde genügen, um England mit dem europäischen Festland zu verbinden, eine geringe Senkung die norddeutsche Tiefebene unter Wasser setzen; die Hebung des südlichen Schweden, die wahrscheinliche Senkung am deutschen Ufer im Ost- und Nordseegebiet in jetziger Zeit sind kein Hinweis darauf, daß die Bewegungsart nunmehr in der einmal eingeschlagenen Richtung weitergehen müßte, denn Hebung und Senkung wechseln ja eben nach der Eiszeit im Ostseegebiet immer wieder. — Könnten wir einen Blick in die Zukunft tun, um uns die Gegenden etwa künftiger Meeresüberflutung zu denken, so würden wir wohl vorzugsweise solche Gebiete ins Auge fassen, wo die Landschaft zum Endstadium der Abtragung fortgeschritten ist, zur *Peneplaine* (s. äußere Dynamik), oder überhaupt flache Gebiete. Ein Gebirgsland als solches kann wohl längs Sprüngen verworfen werden, zerbrechen, und mit seinen Bergspitzen aus dem Meer schauen, wie etwa der Peloponnes, viele Inseln des malaiischen Archipels — aber das Bild einer Transgression über ein ganzes Gebirge mit seinen Gipfeln und Tälern hinweg kennen wir aus der geologischen Vergangenheit nicht, es müßte denn sein, daß das Meer selber sich beim Transgredieren durch die Tätigkeit der Brandung seinen Weg ebnet, das Bergland allmählich abradierend, wie dies die alte *v. Richthofensche* Anschauung will. So oder so, es ist kein Raum für die Plötzlichkeit solcher Vorgänge auf große Strecken hin.

Erdbeben, und mit ihnen zugleich auftretende Spaltenbildungen, horizontale und vertikale Verschiebungen, lehren uns, daß die Erdrinde niemals völlig zur Ruhe kommt. Die *Vulkane,* z. T. damit eng verknüpft, geben uns durch ihre Tätigkeit die Erklärung für die Erguß- und eruptiven Ganggesteine der Vergangenheit, während die Entstehung von Tiefengesteinen an *bestimmte gebirgsbildende Faltungsperioden* gebunden scheint.

Wenn wir verfolgen, wie diese Gebirgsbildungen in Europa allmählich von Norden nach Süden sich verschieben, wie an das kaledonische Gebirge der Silur-Devon-Zeit in Schottland und Skandinavien erst weiter im Süden das *karbonische* Faltengebirge in Mitteleuropa sich anschließt, wie im allgemeinen noch weiter südwärts die *tertiären* Gebirgsketten — vielleicht in immer mehr gesteigerter Faltungsintensität — sich aufstauen, wie somit im ganzen das einmal zusammengefaltete Gestein bis zu einem gewissen Grade stabil geworden ist, wie die späteren Faltungsperioden gewissermaßen lokalisierter sind und vorlieb nehmen müssen mit bestimmten Zonen, die noch nicht gefaltet worden waren, die bis eben noch Gebiete besonders intensiver Schichtauffüllung gewesen sind, so lesen wir hieraus eine gewisse Gesetzmäßigkeit. Und wenn wir auch hier einen ahnenden Blick in die Zukunft werfen dürften, so müßten wir nach diesem Gesichtspunkt die Gegenden uns denken, wo solche Ereignisse einmal in ferner Zeit wiederkehren könnten. Oder sollte in dieser Richtung bereits ein gewisses Maß des Geschehens voll sein, sollte die ohne Zweifel bedeutende horizontale Zusammenstauung der kontinentalen Gesteine, die dadurch bedingte erhebliche tangentiale Verkürzung mancher einst weitflächiger Ablagerungsgebiete, und in deren Folge vielleicht eine Auseinanderzerrung gewisser einst eng benachbarter Regionen, — sollten sie alle einen Stand der Entwicklung kennzeichnen, über den hinaus ganz anders geartete Kräfte die Erde zu einer neuartigen Epoche des Geschehens führen könnten? Jedenfalls dürfen wir nicht vergessen, daß ge-

wisse Voraussetzungen für das Wiederkehren mancher Vorgänge der Erdgeschichte jetzt fehlen könnten. — Auf der anderen Seite werden wir stets im Auge behalten, daß die lange Serie der unserer Forschung zugänglichen Gesteine — mag sie auch Dutzende von Kilometern mächtig sein — doch nur eine dünne Haut bedeutet gegenüber den mehr als 6000 km ihres Halbmessers; und neuerdings ringt sich die Erkenntnis durch, daß die uns zugänglichen Erscheinungen, die den Gang der Erdgeschichte entscheidend beeinflussen, ihren eigentlichen Grund haben in Bewegungen jener unbekannten Tiefen, auf deren Aufbau unseren an der Oberfläche der Erde gewonnenen Begriff „Gestein" anzuwenden, kaum berechtigt ist, denen gegenüber die Methoden der Geologie überhaupt versagen, und über deren Natur uns bestenfalls geophysikalische Methoden einen gewissen Aufschluß geben. — Ob dort irgendwo noch jetzt durch eine allmähliche Abkühlung der Erde Erstarrungsgesteine entstehen, ob dort das große Wirkungsfeld der Regionalmetamorphose, regionaler Umschmelzungen, der Gneisentstehung liegt, ob in solchen Tiefen in früheren Zeiten gebildete Gesteine überhaupt jemals das Licht des Tages erblickt haben, oder ob sie uns ewig verschlossen bleiben — wir wissen es nicht.

Besprechungen.

Goldschmidt, Richard, Einführung in die Vererbungswissenschaft in 21 Vorlesungen für Studierende, Ärzte, Züchter. Vierte verbesserte Auflage. Leipzig, W. Engelmann, 1923. XII, 547 S. und 176 Textfiguren. Preis Gz. 15.

In nicht viel mehr als zwei Jahren ist eine Neuauflage des Buches nötig geworden, über das in unserer Zeitschrift, 1921, S. 66, ausführlich berichtet wurde. Wieder wie damals steht das Buch beherrschend über dem Meer der Vererbungsliteratur, das seitdem noch höher gestiegen und noch weiter in die Breite geflossen ist, und so ist es nicht bloß für den, der in die wissenschaftliche Genetik eingeführt werden will — von Studierenden, Ärzten, Züchtern redet der Titel —, ein überlegener Führer, sondern es gibt auch jedem, der die Weiterentwicklung der Vererbungsforschung in den letzten Jahren in tätiger Anteilnahme miterlebt hat, durch die persönliche Stellungnahme zu aktuellen Problemen reiche Anregung. Der Plan des Buchs hat bis in die meisten Einzelheiten hinein der gleiche bleiben können wie bisher; wenn einmal experimentelles Material über die Vererbungserscheinungen bei haploiden Organismen in größerem Umfang gesammelt sein wird, wird ein Umbau in der Darstellung der Bastardierungslehre, die bis jetzt, wie natürlich, immer von *Mendel* ausgeht, für didaktische Ziele vielleicht nützlich werden, ebenso in der Darstellung der Geschlechtsbestimmung, die bei den haploid zweihäusigen (heterothallischen) Pflanzen so unvergleichlich durchsichtig vor Augen liegt. Der Umfang des Buchs ist gewachsen, von 519 auf 547 Seiten, und aus 20 Vorlesungen sind 21 geworden. Die 13. Vorlesung behandelt jetzt neben verdeckter Koppelung und Letalfaktoren noch die Erscheinungen der Heterogamie, des Luxurierens und der für die praktische Züchtung so bedeutungsvollen Inzuchtwirkungen, über die viel neue Erfahrungen gesammelt worden sind. Dafür sind die Speziesbastarde herausgenommen und in einer besonderen, der 16. Vorlesung dargestellt, wieder entsprechend dem Anwachsen unsrer Kenntnis; die für Artkreuzungen so charakteristische Erscheinung der partiellen Sterilität z. B. ist an den klarsten Beispielen, die wir kennen, an Tabakbastarden, eingehend erläutert, auch die neuesten Beobachtungen über die chromosomalen Verhältnisse bei Mischlingen zwischen Arten mit verschiedner Chromosomenzahl werden nach ihrer Bedeutung gewürdigt. Am stärksten umgearbeitet ist die 17. (früher 16.) Vorlesung über das Problem der Mutation, dem der Verfasser in der allerletzten Zeit, ausgehend von seiner Quantitätshypothese der Erbfaktoren, neue Aspekte abgewonnen hat. Sehr bezeichnend für die Verschiebung, die die Wertung der Önotheren in den letzten Jahren erfahren hat, ist der Umstand, daß sie in der 16. Vorlesung unter die Artbastarde eingereiht sind und nicht mehr als die glänzendsten Paradigmata mutierender Formen figurieren. Wenn nicht *alle* Einzelheiten, die zur Illustrierung des Önotherenproblems mitgeteilt werden, ganz fehlerfrei dargestellt sind, so kann das niemand weniger wundern als den, der sich dauernd in diesem Labyrinth herumbewegt.

Bedauerlich ist der Rückgang in der Güte der Abbildungen, durch den niemand mehr verstimmt sein wird als der Verfasser selber. Die Figur 89 z. B., die von *Seilers* technischem Meisterwerk in der 3. Auflage noch so viel sehen ließ, wie man von einer Textfigur auf dem Papier der Nachkriegszeit erwarten kann, ist jetzt vor allem in dem Teilbild *b* zu einem undeutbaren Schatten geworden, und auch die Hühnervögel der Figur 131a sind nicht viel mehr als Schattenbilder.

Aber solche Mängel wiegen nichts gegenüber der Erneuerung und Verjüngung, die das Buch sonst erfahren hat. Möge es auch in Zukunft der Spiegel sein, der allen neuen Zuwachs der Vererbungswissenschaft weithin sichtbar macht. *O. Renner, Jena.*

Freundlich, H., Kapillarchemie. Dritte, vermehrte Auflage. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1923. XVI, 1225 S. Preis Gz. geh. 20; geb. 25.

Um die dritte Auflage dieses Buches so zu gestalten, daß es den Fortschritten der letzten Jahre möglichst gerecht würde, sind Nachträge angefügt worden. Sie lassen einigermaßen erkennen, welche neuen Gedankengänge und neuen Tatsachen sich in der in Frage kommenden Zeit als besonders wichtig herausgestellt haben.

Immer wieder tritt die Bedeutung der von *Langmuir* und *Harkins* zuerst entwickelten Anschauung zutage, daß die Moleküle in Oberflächenschichten nicht regellos gelagert sind, sondern eine bestimmte Ordnung haben; so z. B. für die Theorie der Oberflächenspannung und Grenzflächenspannung von Flüssigkeiten und für die katalytische Beeinflussung von Reaktionen an Kohleoberflächen. Nicht minder wichtig ist es, daß nach *Volmer* die Geschwindigkeit der Kristallisation wesentlich durch die Eigenschaften von Adsorptionsschichten bedingt ist; eine Folge davon ist, daß eine Kristallfläche nicht vertikal zu der Fläche wächst, sondern parallel zu ihr in Schichten konstanter Dicke. Die bisher noch so undurchsichtige Theorie der Beständigkeit hydrophiler Sole ist durch *Kruyt* weitgehend ge-

klärt worden; bei vielen (vielleicht bei allen) hydrophilen Solen kann man danach eine durch die elektrische Ladung der Kolloidteilchen bedingte Beständigkeit von einer durch die Hydratation bedingten unterscheiden. Von wichtigen neuen Tatsachen verdienen die folgenden hervorgehoben zu werden: Die von *Errera* gefundenen, überraschend hohen Dielektrizitätskonstanten von Vanadinpentoxydsolen, die durch die Stäbchenform von deren Teilchen hervorgerufen ist; die umkehrbare Verflüssigung und Wiederverfestigung von konzentrierten Eisenoxydsolen, die völlig den Gesetzen der langsamen Koagulation gehorcht, und der unmittelbare Nachweis der Elastizität von Solen, die sich auf Grund der Bewegung kleiner Metallteilchen unter dem Einfluß eines Magneten feststellen ließ. *Autoreferat.*

Euler, Hans, Chemie der Enzyme. Zweite, nach schwedischen Vorlesungen vollständig umgearbeitete Auflage. II. Teil. Spezielle Chemie der Enzyme. 1. Abschnitt: Die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside. München und Wiesbaden, J. F. Bergmann, 1922. VII, 314 S. und 44 Textfiguren. 16 × 25 cm. Preis Gz. 21.

Dem ersten Bande seines großangelegten Werkes über die Enzyme, der sich mit der allgemeinen Chemie dieser für viele Wissensgebiete so wichtigen und interessanten Körper beschäftigt, läßt der Verfasser jetzt den zweiten Teil folgen, in dem er auf die präparative Chemie der Enzyme näher eingeht und eine in jeder Hinsicht erschöpfende Übersicht über die an den einzelnen Enzymen gewonnenen speziellen Ergebnisse bringt. Alle Vorzüge des Werkes, die bereits in der Besprechung des ersten Bandes (siehe Naturwissenschaften 1922, H. 10, S. 228) rühmend hervorgehoben waren, finden sich in dem vorliegenden Bande in erhöhtem Maße vereinigt, und es steht zu hoffen, daß mit dem bald zu erwartenden Abschluß dieses ausgezeichnet disponierten und tiefgründig schürfenden Unternehmens ein Standardwerk geschaffen wird, das für den Forscher, den Biologen, den Mediziner und Technologen als Lehr- und Nachschlagebuch gleich unentbehrlich werden dürfte.

Um die Beschreibung der Eigenschaften und Wirkungsweise der einzelnen Enzyme übersichtlicher zu gestalten, hat der Verfasser das ungemein reichhaltige Material in zwei Hälften geteilt. In dem hier vorliegenden ersten Abschnitt sind die hydrolysierenden Enzyme der Ester, Kohlehydrate und Glukoside behandelt. In dem bald folgenden zweiten Abschnitt sollen die übrigen Enzyme zusammengefaßt werden.

In der Erkenntnis, daß das theoretische Lehrgebäude der Enzymologie erst im Werden begriffen ist, daß zahlreiche Tatsachen noch vereinzelt stehen und daß für die Entwicklung einer Wissenschaft oft gerade diejenigen Tatsachen von Wert sind, die mit den geläufigen allgemeinen Anschauungen nicht in Zusammenhang oder in Übereinstimmung gebracht werden können, hat sich der Verfasser bemüht, im vorliegenden Bande alle Tatsachen zusammenzustellen, welche dazu beitragen können, ein richtiges und vollständiges Bild von den einzelnen Enzymen zu liefern. Mehr als dies in früheren Darstellungen dieses Gebietes der Fall war, wird daher darauf Wert gelegt, bei jedem Enzym vor allem die Substrate und ihre chemischen Eigenschaften und Umsetzungen eingehend zu schildern. Der Verfasser geht hierbei von der Anschauung aus, der man unbedingt beipflichten wird, daß der Ausbau einer möglichst breiten und vertieften konstitutionschemischen Grundlage für die gesunde Entwicklung der Enzymologie von allergrößter Bedeutung ist und daß ohne eine solche Grundlage viel Arbeit ohne bleibenden Nutzen verloren geht. Über das Vorkommen der Enzyme werden nur insoweit Angaben gemacht, als solche für die Chemie der Enzyme von Wert sind, in erster Linie für die Darstellung von Enzympräparaten. In allen Fällen ist der Versuch gemacht, wenigstens eine brauchbare Darstellungsmethode für jedes Enzym anzugeben. Besonders eingehend behandelt der Verfasser an vielen Stellen seines Werkes die gerade für biologische Prozesse so wichtige Kinetik der Enzymreaktionen. Er ist sich dabei aber wohl bewußt, daß die Ergebnisse der theoretischen Chemie auf die enzymatischen Vorgänge erst dann sachgemäß angewandt werden können, wenn die Art der stofflichen Veränderungen und der daran beteiligten Komponenten erkannt ist. Wo dies der Fall war, hat sich ja die auf die Ergebnisse der physikalischen Chemie gestützte exakte Behandlung von Reaktionsgeschwindigkeiten und Gleichgewichten besonders in den letzten Jahren als sehr fruchtbar erwiesen. Dementsprechend werden in dem Buche von den jetzt vorliegenden Versuchsreihen einige zuverlässige und besonders typische Messungen über die Dynamik der Enzymreaktionen wiedergegeben und zum Teil durch graphische Darstellung erläutert. Auch über den Einfluß der Temperatur finden sich bei jedem Enzym eine Auswahl der genauesten Angaben. Ferner wird die Bedeutung der chemischen Aktivatoren und Paralysatoren, der Salze und besonders der Azidität hervorgehoben, deren Vernachlässigung früher so viele Widersprüche in der Literatur über die Enzyme verursacht hat. Schließlich sind bei jedem Enzym die wichtigsten Methoden zur Messung seiner Wirksamkeit zusammengestellt.

Aus der Abhandlung der einzelnen Enzyme seien besonders erwähnt die interessanten Kapitel über die tierischen und pflanzlichen Lipasen, über die Phosphatasen, die Zellulasen und anologen Enzyme, die umfangreichen und kritisch gesichteten Abschnitte über die Amylasen, über die α-Glukosidasen, darunter die Saccharase (Invertin), über die β-Glukosidasen, darunter das Emulsin, und viele andere. Überall ist der Verfasser bestrebt, ein bis zu den letzten Veröffentlichungen erschöpfendes vollständiges Literaturmaterial heranzubringen. So finden sich auch bereits die neuesten wichtigen Arbeiten über die Anreicherung und Reinigung der Enzympräparate mittels der Absorptionsmethoden eingehend besprochen, wie sie außer von *L. Michaelis* und *Willstätter* besonders auch vom Verfasser selbst ausgebildet worden sind.

Es ist als sicher anzunehmen, daß die Enzymchemie durch Anwendung ihrer quantitativen Methodik auf den lebenden Organismus zur Entwicklung der Biologie und besonders der Medizin noch wesentlicher beitragen kann, als dies bisher der Fall war. In dieser Hinsicht befinden wir uns noch in den Anfangsstadien, da systematische Bearbeitungen der einzelnen Organe und Lebensprozesse bis jetzt nur vereinzelt vorliegen. Der Verfasser glaubte daher die Darstellung dieses schließlich wichtigsten Teiles der Enzymologie noch zurückstellen zu müssen in der Hoffnung, in den nächsten Jahren mit größeren Hilfsmitteln einige der jetzt vorhandenen Lücken füllen und dann sein Werk über die Enzyme mit einem dritten Teil: „Über enzymchemische Vorgänge im Organismus" abschließen zu können, für den die beiden vorangehenden Teile gewissermaßen die Voraussetzungen bilden sollen.

Schon in seiner jetzigen Form ist jedenfalls dem großen Werke des ausgezeichneten Forschers weite Verbreitung zu wünschen. *Felix Ehrlich, Breslau.*

Prjanischnikow, D. N., Die Düngelehre. Nach der fünften russischen Auflage herausgegeben von *M. von Wrangell.* Berlin, Paul Parey, 1923. XII, 450 S. und 84 Abbild. 14 × 22 cm. Preis Gz. geh. 9; geb. 11.

Ein bedeutendes, 456 Seiten umfassendes Werk, das der Übertragung in eine Weltsprache durchaus würdig befunden werden muß, da die ganze Weltliteratur in dem Buche verarbeitet ist. Der russische Autor hat längst seine Sporen in der von ihm vertretenen Wissenschaft durch eigene, sehr beachtenswerte experimentelle Leistungen verdient und außerdem eine Dozententätigkeit von über ein viertel Jahrhundert hinter sich. Das seine Vorlesungen wiedergebende, nun in deutscher Übersetzung vorliegende Buch hat in der Ursprache bereits mehrere Auflagen erlebt und ist dadurch zu einer großen Fülle und Vollendung der Darstellung herangereift, daß es schon dadurch Beachtung verdient. Die Herausgeberin der guten Übersetzung, die nur ganz selten das richtige Wort (wie z. B. „Ausfuhr" statt „Hinausfahren" [S. 364]) verfehlt, hebt in bezug auf die Darstellungsweise hervor: die „zwanglose Verflechtung von Theorie und Praxis, Experiment und Abstraktion, von scheinbar Zufälligem und Gesetzmäßigem". Der Aufbau des Buches erscheine nie als Zweck, sondern nur als Hilfsmittel, das der Autor bald heranziehe, bald verabschiede. Im Vordergrunde stehe nicht das gerechte Verweilen bei jeder einzelnen Spezialfrage, sondern die temperamentvolle Anteilnahme an der Lösung bestimmter Probleme, und in bezug auf das, volle 100 Seiten umfassende, Kapitel über die *Phosphorsäure,* in bezug auf welches der russische Verfasser auch seine hauptsächliche experimentelle Tätigkeit entfaltet hat, mag es damit seine Richtigkeit haben. Im übrigen möchte Rezensent eher die ruhig objektive Darstellung des Werkes als dessen besondere Tugend preisen. Es liest sich in seiner enzyklopädischen Vollständigkeit eher wie ein guter Artikel aus einem Konversationslexikon. Die Liste von Übersehenem oder unvollständig Dargestelltem, die ein anderer (zu dieser Aufgabe wohlberufener) Rezensent (Nr. 42, 1923, in der D. landw. Presse) gegeben hat, ist außergewöhnlich klein: Fehlen der Angabe von Mitteln zur Abschätzung des natürlichen Nährstoffkapitals im Boden, Ernährung der Pflanze durch organische Stoffe im Boden nach den neuesten Erfahrungen z. B. Dagegen hat Rezensent doch öfters die gehörige Licht- und Schattengebung in der Darstellung vermißt, die manchmal zu einem bloßen getreuen Referate des literarisch Gegebenen herabsinkt.

Trotzdem ist das Buch wegen seines außerordentlich reichen Inhalts für viele Zwecke in hohem Grade empfehlenswert. Es ist überhaupt keine bloße Düngelehre, sondern umfaßt auch noch ein großes Stück Pflanzenernährung, Bodenkunde, mit sehr eingehender Besprechung der Absorptionserscheinungen und eine durch viele Abbildungen gestützte Technologie der Düngerfabrikation, ist also eine ziemlich vollständige (auf den Pflanzenbau bezügliche) Agrikulturchemie.

Was die vielen (mehr als 80) Abbildungen anlangt, so bezieht sich freilich ein noch größerer Teil derselben auf Topfversuche, deren Photogramme benutzt worden sind nicht zum Anschaulichmachen des im Text Beschriebenen, sondern einfach als Darstellungsmittel des quantitativen Ertrags der besprochenen Versuche, weil das Bild rascher gefaßt wird als die Zahl. Diese Methode ist vortrefflich, aber die dadurch erreichte Zahl von Illustrationen gibt auf diese Weise eine übertriebene Vorstellung von der Anschaulichkeit der Darstellung des gesamten Lehrstoffes. Einige Clichés sind auch veraltet. Leid hat Rezensenten getan, in dem im übrigen so ganz den Zwecken einer (über allem politischen Streite der Länder stehenden) internationalen Wissenschaft dienenden Werke die Spuren einer Kriegslüge entdecken zu müssen. Gemeint ist die Darstellung auf S. 231, als ob die deutsche Superphosphatfabrikation, die vor dem Kriege einen sehr starken Aufschwung erlebte, eigens zum Zwecke des Krieges veranlaßt worden sei, während doch gerade die damalige Entblößung Deutschlands von allem Nitrat klar beweist, wie wenig, ja unsinnig wenig politische Voraussicht für Deutschlands industrielle Maßnahmen dagewesen ist.

Aber wir wollen dem tüchtigen Werke diese eine politische Entgleisung nicht weiter nachtragen, auch nicht einzelne Nachlässigkeiten in bezug auf Orthographie und Eigennamen wie Lirnur statt Liernur auf S. 387 oder willkürliches Zufügen oder Weglassen von unentbehrlichen Vornamen bei viel vorkommenden Eigennamen. Schade ist auch, daß dem Werke ein Register fehlt; denn es wird vielleicht noch mehr nachgeschlagen als durchgelesen werden. Für die jetzt unsere ganze Ackerwirtschaft beherrschende Frage: Woher die notwendige Phosphorsäure nehmen? kommt es uns sehr gelegen. *Adolf Mayer, Heidelberg.*

Ewald, P. P., Kristalle und Röntgenstrahlen. Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher. Sechster Band. Berlin, Julius Springer, 1923. VIII, 326 S. und 189 Abbildungen. 16 × 24 cm. Preis geh. 25 Goldmark, geb. 26,50 Goldmark/6 Dollar; geb. 6,35 Dollar.

Das Buch, das eine erfreuliche Bereicherung der Literatur über die Erforschung der Kristallstruktur darstellt, ist aus sechs für einen weiteren Kreis berechneten Vorträgen an der Münchener Universität hervorgegangen. Daraus ergibt sich von selbst, daß wir es hier mit einer Darstellung zu tun haben, die sich an das für wissenschaftliche Methodik zugängliche Publikum wendet, ohne Spezialkenntnisse zu verlangen. Die ersten Kapitel des vorzüglich illustrierten Buches dienen zur besonderen Einführung. (Von der Atomtheorie, Kristallographische Grundbegriffe, Kristallographische Strukturtheorie, Interferenz, Über Röntgenstrahlen, Übersicht über die experimentellen Verfahren.) Daß in 11 Seiten nur Grundbegriffe der Kristallstrukturlehre erwähnt werden können, ist selbstverständlich. Das macht sich in den späteren Kapiteln, die zum größten Teil von der eigentlichen Kristallstrukturbestimmung handeln, etwas bemerkbar. Ohne Kenntnis der Raumsysteme ist eine eindeutige Bestimmung unmöglich und die Diskussion der Möglichkeiten bleibt unvollständig. Dafür sind in den folgenden Kapiteln die physikalischen Grundlagen der verschiedenen Verfahren (Braggsches Verfahren, Lauemethode, Debye-Scherrer-Verfahren, Drehverfahren) in anschaulicher und einfacher Weise entwickelt.

In den Kapiteln: Gittergeometrie; Ionengitter, Isomorphie, Mischkristalle; Chemische Gesichtspunkte zur Deutung der Kristallstrukturen; Gitterkräfte und stoffliche Eigenschaften, sind fast alle Fragen der modernen Kristallchemie und Kristallphysik gestreift, wobei die Beurteilung von seiten eines Physikers manchen besonderen Reiz für den Mineralogen hat. Wenn einem Bedauern Ausdruck verliehen werden darf, so ist es dem Bedauern, daß wir nicht *mehr* über das eigene Arbeitsgebiet des Autors „die Kristallphysik vom strukturellen Standpunkte aus betrachtet", vernehmen. Sicherlich wäre hier ohne starke mathematische Belastung eine etwas mehr in die Tiefe gehende Darstellung möglich gewesen. In 9 Noten, die für den Fach-

mann bestimmt sind, werden sehr wertvolle Ergänzungen zum allgemeinen Text dargeboten. Diese neun Noten behandeln: I. Das reziproke Gitter; II. Die Interferenzbedingungen im Translationsgitter; III. Die Bezifferung der Laue-Aufnahmen mittels gnomonischer Projektion; IV. Debye-Scherrer-Verfahren und quadratische Form; V. Bezifferung der Drehkristallaufnahmen; VI. Die Geometrie der Gitter mit Basis; VII. Der Strukturfaktor; VIII. Die photographische Wirkung der Röntgenstrahlen; IX. Zusammenstellung über Strukturen. Die Zusammenstellung (IX) ist sehr sorgfältig und kommt einem großen Bedürfnis entgegen. Alles in allem liegt hier ein Buch vor, das für Mineralogen, Physiker und Chemiker gleich wertvoll ist. Daß sich heute Mathematiker, Physiker und Chemiker mit dem Gebiet beschäftigen, das lange Jahre dem Mineralogen überlassen wurde, zeigt am besten, wie sehr die hier von autoritativer Seite behandelten Fragen im Brennpunkte wissenschaftlichen Interesses stehen. *P. Niggli, Zürich.*

Schoenflies, Arthur, Theorie der Kristallstruktur. Berlin, Gebrüder Borntraeger, 1923. XII, 554 S. und 257 Textfiguren. 15 × 23 cm. Preis Gz. 18.

In dieser Zeitschrift ist bei Anlaß des siebzigsten Geburtstagsfestes, das *A. Schoenflies* feiern konnte, vom Unterzeichneten dem Wunsch Ausdruck gegeben worden, die grundlegende Schrift „Kristallsysteme und Kristallstruktur" möge bald in neuer Auflage erscheinen. Der Wunsch ist früh in Erfüllung gegangen. Die vorliegende Schrift stellt eine Neubearbeitung des vor 32 Jahren verfaßten grundlegenden Werkes dar. Der Untertitel „ein Lehrbuch" zeigt, daß der Verfasser bemüht war, eine für Physiker, Chemiker und Kristallographen gut lesbare Bearbeitung zu liefern. So bedarf das Buch keiner weiteren Empfehlung. Es wird ihm nicht so gehen, wie es vielleicht der ersten Auflage mancherorts gegangen ist, daß sie unaufgeschnitten der Bücherei einverleibt wurde. Mächtig haben die Entdeckungen *von Laues* das Interesse für das Gebiet der Kristallstrukturlehre gefördert. Und zu den Büchern, die mehr der Strukturbestimmung dienen, ist diese mathematische Deduktion notwendige Ergänzung. *P. Niggli, Zürich.*

Gleichen, A., Die Theorie der modernen optischen Instrumente. Ein Hilfs- und Übungsbuch für Studierende und Konstrukteure optischer Werkstätten, sowie für Ingenieure im Dienste des Heeres und der Marine. Zweite neubearbeitete und vermehrte Auflage. Stuttgart, F. Enke, 1923. XII, 391 S., 289 Figuren und 96 gelöste Aufgaben. 16 × 25 cm. Preis Gz. 12.

Da die erste Auflage in dieser Zeitschrift nicht besprochen worden ist, soll auf den ganzen Inhalt des Buches nebst den Änderungen eingegangen werden. Der allgemeine Teil behandelt im Kapitel I Reflexion, Brechung, Dispersion und Prismen, im Kapitel II die Abbildungsgesetze der Linsensysteme, im Kapitel III die besonders für die Brillenlehre wichtige Dioptrien- und Konvergenzrechnung nach *Gullstrand*, im Kapitel IV die Strahlenbegrenzung und im Kapitel V die Abbildungsfehler. Neu hinzugekommen ist als Seitenstück zu dem Paragraphen über achromatische Prismen ein solcher über derartige Linsen; der Paragraph über die Tiefe ist erweitert. Im § 41 werden die dem Verf. eigentümlichen Begriffe des Fundamentalstrahls (Strahls, der durch die Spitze der Diakaustik geht) und des Mittelpunkts der natürlichen Blende im Objekt- bzw. Bildraum (Kreuzungspunkt des Fundamentalstrahls mit der optischen Achse in diesen Räumen) neu eingeführt. § 50 bringt als Symmetriebedingung die von *Staeble* und *Lihotzky* erweitere Sinusbedingung. Im § 34 wäre eine genauere Definition der Bildkrümmung erwünscht, um dem üblichen Mißverständnis der Petzvalschen Bedingung zu begegnen.

Der spezielle Teil enthält in etwas willkürlicher Anordnung 12 Kapitel mit den Überschriften: Das menschliche Auge. Allgemeine Theorie der optischen Instrumente. Die Lupe Fernrohre. Sehrohre (Periskope). Stereoskopie. Entfernungsmesser. Zystoskope. Das Mikroskop. Die photographischen Objektive. Ophthalmologische Optik. Aplanatismus.

Kapitel 6 ist durch einen Paragraphen über das linsenlose Auge ergänzt. In Kapitel 7 sind die Fundamentalgleichungen der Abbildung ganz zweckmäßig bezogen auf die Pupillen umgeformt, ferner werden die Begriffe Vergrößerung, Apertur und Helligkeit erläutert. Im 9. Kapitel ist auch auf die Zielfernrohre näher eingegangen; es hätte wohl Erwähnung verdient, daß die pankratischen Fernrohre alt sind und auch als Zielfernrohre für Geschütze seit 40 Jahren weite Verbreitung besonders auf Kriegsschiffen gefunden haben, ferner daß die Firma Zeiß sich um die Verbesserung der Linsenzielfernrohre für Jagdgewehre erfolgreich bemüht hat. Kapitel 10 ist neu, es behandelt besonders die Aufgabe, für die Periskope bei gegebenen Rohrabmessungen und optischer Leistung die Brennweiten, Durchmesser und Abstände der Linsen zu bestimmen, eine Aufgabe, die in ähnlicher Form im 13. Kapitel bei den Zystoskopen wiederkehrt. Im Kapitel 14 über das Mikroskop sind insbesondere die Dunkelfeldbeleuchtung und die dafür wichtigen verschiedenen Formen der Spiegelkondensoren und die Ultramikroskopie behandelt und durch die neueren Fortschritte ergänzt. Die Dunkelfeldbeleuchtung wurde früher nur in England gepflegt, doch hat man jetzt auch in Deutschland mehr erkannt, welche Bedeutung sie hat, um nur durch die Brechung unterschiedene, schwach gefärbte oder ultramikroskopische Teilchen sichtbar zu machen. Das Kapitel über die photographischen Objektive ist durch die Daten für einige neuere Typen ergänzt. In dem nächsten Kapitel sind die einlinsigen Brillengläser wesentlich ausführlicher behandelt als in der ersten Auflage, und zwar nicht nur die mit Kugelflächen, für die die Vorrechnungsformeln von *Weiß* aufgenommen sind, sondern auch die mit torischen Flächen; dabei ist besonders auf die Abbildung außer der Achse eingegangen. Es kommt dieser Darstellung zugute, daß der Verf. an der Entwicklung der Brillenoptik bei der Firma Goerz mitgearbeitet hat; die Vorteile der Largongläser sind der Gegenstand einer Streitfrage, die sich durch viele Nummern des Jahrgangs 1922 der Zentralzeitung für Optik und Mechanik hinzieht. Ferner sind in diesem Kapitel auch die mehrlinsigen und deformierten Brillen sowie die neuere Entwicklung des Augenspiegels bis zu den Ophthalmoskopen von *Gullstrand* und *Thorner* behandelt. Das letzte Kapitel behandelt zunächst die kartesianischen Systeme, bei denen die sphärische Abweichung für alle Zonen streng gehoben ist, dann die aplanatischen Systeme, bei denen auch die Sinusbedingung für alle Zonen erfüllt ist, darunter den Kardioidkondensor, endlich die semiaplanatischen Systeme, bei denen einer der beiden Forderungen nur für die Randzone genügt ist. Die Darstellung ist möglichst leicht verständlich und die Ableitung der Formeln ausführlich gehalten; es werden nur elementare mathematische Kenntnisse vorausgesetzt. Eine

reiche Sammlung von Aufgaben nebst Lösungen dient dazu, die Aneignung des Stoffs zu befestigen.

A. König, Jena.

Kepler, Johannes, Mysterium Cosmographicum. Das Weltgeheimnis. Übersetzt und eingeleitet von *Max Caspar*. Augsburg, Dr. Benno Filser Verlag, 1923. XXXI, 150 S. und zahlreiche Figuren. 18 × 26 cm.

Keplers Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens Mysterium cosmographicum (erschienen 1596; zweite Ausgabe 1621 mit Anmerkungen *Keplers*) liegt nun zum ersten Mal in einer guten deutschen Übersetzung vor, der die Figuren der Originalausgabe beigefügt sind. Eine ausführliche Einleitung des Übersetzers stellt die Bedeutung *Keplers* für die Geschichte der exakten Naturwissenschaften und die Bedeutung des Mysteriums für *Keplers* Lebenswerk dar.

Wir sind *M. Caspar* besonderen Dank dafür schuldig, daß er durch diese Übersetzung das Jugendwerk *Keplers* allgemeiner zugänglich gemacht hat. Erst durch das Studium der Originalwerke unserer großen Naturforscher verstehen wir voll die geistige Leistung, die darin für ihre Zeit und für alle Zeiten niedergelegt ist. Noch sind freilich im Mysterium Cosmographicum die Ideen *Keplers*, das Kopernikanische Weltsystem mathematisch-geometrisch zu durchdringen, in ihren ersten Anfängen; noch ist er nicht zu seinen drei Gesetzen gelangt. Das Ergebnis seiner ersten Forschungen gibt er selbst in der Vorrede an den Leser an: „Ich habe mir vorgenommen, in diesem Büchlein zu beweisen, daß Gott der Allgütige und Allmächtige bei der Erschaffung unserer beweglichen Welt und bei der Anordnung der Himmelsbahnen jene fünf regelmäßigen Körper, die seit Pythagoras und Plato bis auf unsere Tage so hohen Ruhm gefunden haben, zugrunde gelegt und ihrer Natur Zahl und Proportionen der Himmelsbahnen sowie das Verhältnis der Bewegungen angepaßt hat." Und kurz danach: „Die Erde ist das Maß für alle andere Bahnen. Ihr umschreibe ein Dodekaeder, die dieses umspannende Sphäre ist der Mars. Der Marsbahn umschreibe ein Tetraeder; die dieses umspannende Sphäre ist der Jupiter. Der Jupiterbahn umschreibe einen Würfel; die diese umspannende Sphäre ist der Saturn. Nun lege in die Erde ein Ikosaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist die Venus. In die Venusbahn lege ein Oktaeder; die diesem einbeschriebene Sphäre ist der Merkur. Da hast du den Grund für die Anzahl von Planeten."

Aber doch steht *Kepler* in seinem ersten Werk schon dicht an der Entdeckung der Gravitation. „Wir müssen also ausfindig machen, wie es sich mit dieser Abnahme der Kraft verhält" — sagt er in dem Kapitel: Über das Verhältnis der Bewegungen zu den Bahnen. „Wir wollen nun annehmen, was große Wahrscheinlichkeit für sich hat, daß die Bewegung durch die Sonne nach derselben Gesetzmäßigkeit zugeteilt wird, wie das Licht. In welchem Verhältnis aber die Schwächung des Lichts, das von einem Punkt ausgeht, erfolgt, lehrt die Optik."

Dabei finden wir gerade in *Keplers* Jugendwerk so viele verwandte Züge mit unserer eigenen Zeit. *Kepler* ist ja einer der großen Vertreter jener Geistesrichtung, welche die Natur geometrisch zu erfassen sucht und auf einfachste Weise zu erfassen sucht. „Die Natur liebt die Einfachheit, sie liebt die Einheit." *Kepler* mußte also bedingungslos für *Kopernikus* eintreten. „So hat jener Mann nicht nur die Natur von jenem lästigen und unnützen Hausrat der ganzen großen Zahl von Kreisen befreit, er hat uns zudem einen immer noch unerschöpften Schatz von wahrhaft göttlichen Einsichten in die so herrliche Ordnung der ganzen Welt und aller Körper erschlossen", sagt er von *Kopernikus*. Alle Halbheiten weist *Kepler* zurück. „Niemals konnte ich auch in dieser Sache jenen zustimmen, die sich auf den Fall einer Beweisführung stützen, bei der zufällig auf Grund falscher Voraussetzungen durch zwingende Schlüsse etwas Wahres herauskommt, und sich darauf versteifen, es sei möglich, daß die Anschauungen des Kopernikus falsch, die aus ihnen zu erschließenden Erscheinungen aber richtig seien, wie wenn sie sich auf wahre Prinzipien stützten." Dieser Satz könnte auch, wenn wir nur den Namen *Kopernikus* durch *Einstein* ersetzen, in *unseren* Tagen geschrieben sein.

In einem Punkt hatte es *Kepler* leichter als wir. Wir fragen immer wieder: wie kommt es, daß alle Geschehnisse in der unbelebten Natur sich auf wenige Grundgleichungen zurückführen lassen? Für *Kepler* war die Antwort einfach. „Siehe" — sagt er bei der zweiten Ausgabe seines Werkes — „welch reichen Ertrag mir in den letzten 25 Jahren das Prinzip gebracht hat, von dem ich damals schon aufs festeste überzeugt war: daß die mathematischen Dinge deswegen die Ursachen der Naturdinge bilden, weil Gott, der Schöpfer, die mathematischen Dinge als Urbilder in einfachster und göttlicher Abstraktion von den materiell betrachteten Quantitäten von Ewigkeit her in sich trug." Heute dagegen schließt *Eddington* sein Buch: „Space, Time and Gravitation" mit den Worten: „Wir haben an den Gestaden des Unbekannten eine sonderbare Fußspur entdeckt. Wir haben tiefgründige Theorien, eine nach der anderen, ersonnen, um ihren Ursprung aufzuklären. Schließlich ist es uns gelungen, das Wesen zu rekonstruieren, von dem die Fußspur herrührt. Und siehe! Es ist unsere eigene."

A. Kopff, Heidelberg.

Bjerknes, V., Untersuchungen über elektrische Resonanz. Leipzig, Joh. Ambr. Barth, 1923. XXXII, 129 S. und 22 Abbildungen im Text. 14 × 22 cm.

Diese sieben Abhandlungen, die *Bjerknes* in den Jahren 1891—1895 als einer der wenigen Schüler von *Heinrich Hertz* verfaßte, und die hier im Neudruck nach den Annalen der Physik vorliegen, können nicht allein als historische Dokumente zur Ergänzung von *Hertz'* klassischen „Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft" gelten, sondern als instruktive Einführung in das ganze Gebiet der elektrischen Resonanzerscheinungen. Die Polemik, die sich den Einwänden der „multiplen Resonanz" gegen die Deutung der Hertzschen Versuche entgegenstellt, ist zur Klärung der Grundbegriffe damals wie heute gleich geeignet und führt überdies tief in die speziellen experimentellen und theoretischen Untersuchungsmethoden über die Dämpfung schneller elektrischer Schwingungen hinein. Zwei besondere Experimentaluntersuchungen sind der Absorption der elektrischen Wellenenergie in Metallen mit Berücksichtigung ihrer Leitfähigkeit gewidmet und führen zur Bestätigung der Maxwell-Hertzschen Lehren. Die theoretische Lösung des Resonanzproblems faßt die letzte ausführliche Abhandlung zusammen. Eine wertvolle Beigabe bildet die dem Andenken von *Heinrich Hertz* gewidmete Einleitung, die ein lebensvolles Bild der Arbeit dieses Großen als Forscher und besonders als Lehrer gibt und gewiß jedem Physiker und Naturwissenschaftler überhaupt Freude machen wird.

A. Landé, Tübingen.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.